



TUGAS AKHIR - SF141501

**STUDI *ELECTRO-MECHANO-ACOUSTIC* UNTUK
MENGETAHUI KARAKTERISTIK *LOUDSPEAKER*
*WOOFER***

MUHAMAD AZWAR ANNAS
NRP 1113100068

Dosen Pembimbing
Dr. Suyatno M.Si
Susilo Indrawati M.Si

Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - SF141501

**STUDI *ELECTRO-MECHANO-ACOUSTIC* UNTUK
MENGETAHUI KARAKTERISTIK *LOUDSPEAKER*
*WOOFER***

**MUHAMAD AZWAR ANNAS
NRP 1113100068**

**Dosen Pembimbing
Dr. Suyatno M.Si
Susilo Indrawati M.Si**

**Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



FINAL PROJECT - SF141501

**STUDY OF ELECTRO-MECHANO-ACOUSTIC TO KNOW
THE CHARACTERISTICS OF WOOFERS LOUDSPEAKER**

**MUHAMAD AZWAR ANNAS
NRP. 1113100068**

**Advisor
Dr. Suyatno M.Si
Susilo Indrawati M.Si**

**Department of Physics
Faculty of Mathematics and Natural Science
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI *ELECTRO-MECHANO-ACOUSTIC* UNTUK MENGETAHUI KARAKTERISTIK *LOUDSPEAKER* *WOOFER*

Disusun untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Tugas
Akhir Program Strata 1
Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
MUHAMAD AZWAR ANNAS
NRP 1113 100 068

Disetujui oleh Tim Pembimbing Tugas Akhir

Dr. Suyatno M.Si
NIP. 19760620200212.1.004

()

Susilo Indrawati M.Si
NIP. 110020130.1.001

()

Surabaya, Juli 2017



STUDI *ELECTRO-MECHANO-ACOUSTIC* UNTUK MENGETAHUI KARAKTERISTIK *LOUDSPEAKER* *WOOFER*

Nama : Muhamad Azwar Annas
NRP : 1113100068
Jurusan : Fisika, FMIPA ITS
Pembimbing : Dr. Suyatno M.Si
Susilo Indrawati M.Si

Abstrak

Studi *electro-mechano-acoustic* untuk mengetahui karakteristik *loudspeaker woofer* dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh sudut dengar *loudspeaker* berdasarkan *power*. Untuk mengetahui pengaruh hambatan *voice coil*, beda ukuran diameter *loudspeaker* dan beda kuat medan magnet terhadap kualitas suara dan *power loudspeaker*. Studi ini lakukan dengan mengukur parameter dari karakteristik *loudspeaker* berupa frekuensi respon, impedansi dan *thiele small parameter*. Penelitian dilakukan meliputi pengaruh impedansi, dimensi dan kuat medan magnet *loudspeaker* terhadap daya dan frekuensi suara yang dihasilkan. Hambatan *loudspeaker double voice coil* dengan dirangkai seri (pengurangan 50 %) menaikkan power sebesar 4 dB. Perangkaian paralel (penggandaan hambatan menjadi 200%) dapat menurunkan power sebesar 3 dB. Perbedaan ukuran diameter *loudspeaker* dari 10 inci menjadi 12 inci dapat menaikkan power sebesar 5 dB dan menghasilkan frekuensi resonansi dari 33 Hz menjadi 29 Hz. Penambahan kuat medan magnet sebesar 25 % dapat meningkatkan power sebesar 3 dB dan menurunkan frekuensi resonansi dengan delta 1 Hz. Sedangkan untuk penambahan magnet 2 % tidak mempengaruhi parameter apapun.

Kata kunci: *Loudspeaker, Woofer, Frekuensi Respon, Impedansi, dan Thiele Small Parameter*

STUDY OF ELECTRO-MECHANO-ACOUSTIC TO KNOW THE CHARACTERISTICS OF WOOFERS LOUDSPEAKER

Name : Muhamad Azwar Annas
NRP : 1113100068
Major : Fisika, FMIPA ITS
Advisor : Dr. Suyatno M.Si
Susilo Indrawati M.Si

Abstract

the electro-mechano-acoustic study to know the characteristic of woofers loudspeaker is aimed to know the influence of loudspeaker's hearing angle based on power. To know the effect of voice coil barrier, difference of loudspeaker diameter and magnetic field strength difference to sound quality and loudspeaker power, this research is done by measuring parameters of loudspeaker characteristics such as response frequency, impedance and Thiele Small Parameter. The research was conducted to cover the influence of impedance, dimension and strength of the loudspeaker magnetic field on the power and frequency of the sound produced. Resistor double voice coil loudspeaker with series circuit (50% reduction) by 4 dB power increase. Parallel circuits (doubling resistance to 200%) can lower power by 3 dB. The difference in loudspeaker diameter size from 10 inches to 12 inches can raise power by 5 dB and produce resonance frequency from 33 Hz to 29 Hz. Adding a magnetic field strength of 25% can increase power by 3 dB and decrease resonance frequency with 1 Hz delta. As for the addition of 2% magnet does not affect any parameters

Key words: Loudspeaker, Woofer, Response Frequency, Impedance, and Thiele Small Parameter

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir sebagai syarat wajib untuk memperoleh gelar sarjana jurusan Fisika FMIPA ITS dengan judul:

“STUDI *ELECTRO-MECHANO-ACOUSTIC* UNTUK MENGETAHUI KARAKTERISTIK *LOUDSPEAKER* *WOOFER*”

Penulis menyadari dengan terselesaikannya penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan tepat waktu.
2. Bapak Masroni dan Ibu Nur Janah selaku orang tua, dan keluarga tercinta yang senantiasa memberikan do'a serta dukungan moral dan spiritual kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prof. Agus Purwanto, M.Sc. D.Sc. selaku dosen wali yang selalu memberikan dukungan kepada penulis selama masa perkuliahan.
4. Bapak Dr. Suyatno M.Si dan Ibu Susilo Indrawati M.Si, selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa memberikan bimbingan, wawasan, pemantauan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar.
5. Bapak Dr. Yono Hadi Pramono M,si selaku Ketua Jurusan dan Seluruh Staff Pengajar di Jurusan Fisika ITS. Kepala Laboratorium Instrumentasi, Kepala Laboratorium Instrumentasi Akustik, dan juga segenap staff Tata Usaha yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

6. Bapak Saifudin Mujib selaku pembimbing penelitian di CV. Sinar Baja Electric yang telah meluangkan waktu membimbing penulis, serta memberikan banyak ilmu, saran ataupun masukan – masukan yang membangun dan dukungan, sehingga penelitian yang dilakukan berjalan dengan baik.
7. Sahabat seperjuangan yang ada di Lab. Akustik antara lain Tejo, Adib, Icha, Selvi, Befie, Regina, MbK Gita, Mas Thobron, Mas Sholeh, Mas Haikal, dan masih banyak lagi yang telah membantu dan memotivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan penuh suka dan duka.
8. Sahabat seperjuangan Tim PROTEK-J antara lain Mas Ary, MbK Putri, Mas Zaka, Mas Adis, Mas Jordan, Mas Kishna, Wildan, Haidar, Ni'ma dan Ira yang telah membantu dan memotivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan penuh pikiran dan tenaga.
9. Teman-teman seangkatan yang tidak bisa saya sebutkan satu-satu yang telah memberikan semangatnya kepada penulis selama kuliah hingga pengerjaan Tugas Akhir.
10. Sahabat Endev yang telah memberikan waktunya untuk berkarya bersama.
11. Segenap Teman-teman seperjuangan KOPMA Dr. Angka ITS

Penulis menyadari atas keterbatasan ilmu pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki, oleh karena itu penulis akan menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan serta memberikan inspirasi bagi pembaca untuk dapat mengembangkan bidang pengeras suara / *Loudspeaker*.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
<i>Abstrak</i>	iv
Abstract	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan Laporan.....	3
BAB II.....	5
DASAR TEORI.....	5
2.1 Pengertian <i>Loudspeaker</i>	5
2.2 Fungsi Bagian Speaker	6
2.3 Prinsip Kerja <i>Loudspeaker</i>	8
2.4 <i>Loudspeaker woofer</i> dan <i>subwoofer</i>	10
2.5 Thiele Small Parameter	12
2.6 Software DAAS.....	18
BAB III.....	23
METODOLOGI	23
3.1 Tahap-tahap Penelitian	23
3.2 Studi Literatur.....	23

3.3	Spesifikasi Loudspeaker dan Software yang digunakan	23
3.4	Karakterisasi <i>Loudspeaker</i>	29
3.4.1	Pengukuran Respon Frekuensi <i>Loudspeaker</i>	29
3.4.2	Pengukuran Impedansi <i>Loudspeaker</i>	31
3.4.3	Pengukuran <i>Thiele Small Parameter</i>	32
BAB IV	.....	35
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	35
4.1	Analisis <i>loudspeaker</i> berdasarkan perbedaan sudut dengar	35
4.2	Analisis <i>loudspeaker</i> berdasarkan nilai hambatan <i>voice coil</i> (Re)	38
4.3	Analisis <i>loudspeaker</i> berdasarkan ukuran diameter <i>loudspeaker</i>	40
4.4	Analisis <i>loudspeaker</i> berdasarkan nilai medan magnet....	42
4.5	Analisis Thiele Small Parameter berdasarkan nilai hambatan <i>voice coil</i> (Re).....	45
4.6	Analisis Thiele Small Parameter berdasarkan kuat medan magnet	49
4.7	Analisis Thiele Small Parameter berdasarkan ukuran diameter <i>loudspeaker</i>	51
BAB V	.....	57
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	57
5.1	Kesimpulan.....	57
5.2	Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA	.....	59
LAMPIRAN	.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi <i>loudspeaker</i> (A)	25
Tabel 3. 2 Spesifikasi <i>loudspeaker</i> (B)	26
Tabel 3. 3 Spesifikasi <i>loudspeaker</i> (C)	27
Tabel 3. 4 Spesifikasi <i>loudspeaker</i> (D)	28
Tabel 4. 1 Hasil pengukuran <i>TS Parameter loudspeaker</i> (A) rangkain terminal <i>Single</i> (3,6 Ω), <i>Seri</i> (7,2 Ω), <i>Paralel</i> (1,8 Ω)	45
Tabel 4. 2 Hasil pengukuran <i>TS Parameter</i> berdasarkan kuat medan magnet	50
Tabel 4. 3 Hasil pengukuran <i>TS Parameter</i> 10 inci LG-1096-2 <i>Single</i> :3,6 Ω dan 12 inci LG-1296-2 <i>Single</i> :2,9 Ω	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Contoh <i>loudspeaker</i> (stockarch.com)	5
Gambar 2. 2 Komponen <i>loudspeaker</i> (http://muhamadsaputra13.blogspot.co.id)	6
Gambar 2. 3 Suspensi <i>loudspeaker</i> (http://www.practical-home-theater-guide.com)	7
Gambar 2. 4 Bidang radiasi medan magnet (Ballou Glen.2009)...	8
Gambar 2. 5 Sistem perubahan sinyal listrik menjadi sinyal akustik	8
Gambar 2. 6 Contoh <i>loudspeaker</i> berdasarkan frekuensi <i>output</i> .	11
Gambar 2. 7 Cara mengukur diameter <i>loudspeaker</i> untuk menghitung S_d	16
Gambar 2. 8 X_{max} <i>voice coil loudspeaker</i>	17
Gambar 2. 9 Alur proses Software DAAS (Adm Engineering.1999)	19
Gambar 3. 1 Sempel <i>loudspeaker</i> tampak depan	24
Gambar 3. 2 Sempel <i>loudspeaker</i> tampak belakang	24
Gambar 3. 3 Rangkaian alat pengukuran frekuensi respon	29
Gambar 4. 1 Prinsip <i>loudspeaker</i>	35
Gambar 4. 2 (a).Grafik frekuensi respon beda sudut dengar; (b). sudut mikrofon saat pengukuran frekuensi respon	37
Gambar 4. 3 Grafik frekuensi respon beda nilai hambatan <i>voice coil</i>	38
Gambar 4. 4 Grafik impedansi beda nilai hambatan <i>voice coil</i> ...	40
Gambar 4. 5 Grafik frekuensi respon beda ukuran diameter <i>loudspeaker</i>	41
Gambar 4. 6 Grafik impedansi beda ukuran diameter <i>loudspeaker</i>	42
Gambar 4. 7 Grafik frekuensi respon beda magnet permanen <i>loudspeaker</i>	43
Gambar 4. 8 Grafik impedansi beda magnet permanen <i>loudspeaker</i>	44

DAFTAR LAMPIRAN

DATA PENGUKURAN FREKUENSI RESPON	61
DATA PENGUKURAN FREKUENSI RESPON DAN IMPEDANSI	67
DATA PENGUKURAN THIELE SMALL PARAMETER.....	83
BIODATA PENULIS.....	95

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Loudspeaker pertama kali dipatenkan oleh Alexander Graham Bell pada tahun 1876, hal ini dikarenakan *loudspeaker* yang terpasang ditelepon miliknya. Jauh sebelum itu seorang ahli telegraf yang bernama Ernst W. membuat *loudspeaker* dengan diafragmanya berbentuk kerucut atau bentuk terompet. Pertama *loudspeaker* berbentuk tanduk yang kebanyakan digunakan pemain *phonograph*.(Yolanda,2015)

Sekarang ini *loudspeaker* menjadi komponen yang keberadaannya menjadi penting karena digunakan dalam beberapa perangkat elektronika seperti TV, *Handphone*, ruangan dan lain sebagainya. Begitu pentingnya *loudspeaker* dalam perkembangan teknologi menuntut adanya perkembangan dan inovasi *loudspeaker* untuk memenuhi kebutuhan.

Dari dulu hingga sekarang perkembangan *loudspeaker* kurang begitu terlihat dibandingkan dengan perangkat elektronika yang lain. Seperti layar monitor dari bentuk tabung menjadi slim dengan teknologi LED. Dilihat dari permasalahan tersebut perlu adanya penelitian untuk memberikan terobosan-terobosan baru tentang teknologi *loudspeaker* ini.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Jorg Rehder (2002) tentang *fluk* magnet untuk menyeimbangkan membran *loudspeaker*. dengan membandingkan dua desain *fluk* magnet yang berbeda yang memanfaatkan substrat *soft* magnetik atau dengan dilapisi NiCoFe pada material ini. Hasilnya dengan membuat *mono* dan *double* layer planar *voice coil* mendapatkan induktansi yang konstan 39.9 μ H. dan menghasilkan nilai impedan yang konstan juga yaitu 77 Ω .

Pada penelitian lain dilakukan oleh Feng-Min Lai dan Che-Wei Tu (2016) tentang pembuatan *conepaper* kaku menggunakan metode TTP dengan tujuan untuk menghasilkan frekuensi *middle*. Dari penelitian ini perbedaan 1,9 dB (memperbaiki perbedaan

nilai sebesar 26,2%) dari hasil awal Dan frekuensi puncak atenuasi pada 4220 Hz.

Dari kedua penelitian tersebut fokus pada perbaikan part *loudspeaker*. Namun, belum banyak yang fokus pada karakteristik *loudspeaker*. Oleh karena itu, dalam penelitian ini mencari hubungan antara parameter-parameter yang mempengaruhi kualitas elektrik dan mekanik agar mengetahui apa yang harus dilakukan jika ingin membuat jenis *loudspeaker* dengan karakter tertentu. Selain itu, dalam penggunaan *loudspeaker* banyak yang mengaplikasikan *loudspeaker* kurang sesuai spesifikasinya. Karena banyak pengguna yang tidak mengerti karakter dari *loudspeaker* tersebut. Hal ini juga melatar belakangi dilakukannya penelitian ini.. Penelitian ini difokuskan pada karakterisasi *loudspeaker woofer*. Judul dari penelittian Tugas Akhir ini adalah “*Studi Electro-Mechano-Acoustic untuk Mengetahui Karakteristik Loudspeaker Woofer*”.

1.2 Rumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakan diatas maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh sudut dengar *loudspeaker* berdasarkan *power*.
2. Bagaimana pengaruh hambatan *voice coil* terhadap kualitas suara dan *power loudspeaker*.
3. Bagaimana pengaruh beda ukuran diameter terhadap kualitas suara dan *power loudspeaker*.
4. Bagaimana pengaruh beda kuat medan magnet terhadap kualitas suara dan *power loudspeaker*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh sudut dengar *loudspeaker* berdasarkan *power*.
2. Mengetahui pengaruh hambatan *voice coil* terhadap kualitas suara dan *power loudspeaker*.

3. Mengetahui pengaruh beda ukuran diameter terhadap kualitas suara dan *power loudspeaker*.
4. Mengetahui pengaruh beda kuat medan magnet terhadap kualitas suara dan *power loudspeaker*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan Masalah dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan empat *loudspeaker woofer double voice coil* 10 inci LG-1095-2 6850 gauss, 10 inci LG-1096-2 8500 gauss, 12 inci LG-1295-2 8300 gauss dan 12 inci LG-1296-2 8400 gauss.
2. Pengukuran *loudspeaker* menggunakan *Software DAAS (Digital Audio Analysis System)*.
3. Variasi sudut dengar 0°, 30°, 50°.
4. Hambatan *voice coil* pada *loudspeaker double voice coil* di variasi dengan cara memasang *input loudspeaker* secara *single*, seri, dan paralel
5. Pengukuran *loudspeaker* mengacu pada *manual books software DAAS* dan *Work Intruction CV. Sinar Baja Electric*

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mempelajari dan mengetahui hubungan antara parameter-parameter yang mempengaruhi karakter *loudspeaker woofer*. Penelitian ini juga dapat digunakan sebagai sarana untuk mengetahui kelayakan *loudspeaker* sebelum diaplikasikan pada *sound system*. Dan sebagai dasar acuan untuk mendesain dan membuat *loudspeaker woofer*. Serta sebagai pembelajaran awal tentang karakterisasi *loudspeaker woofer*

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Penulisan makalah tugas akhir ini terdiri dari abstrak yang berisi ringkasan dari penelitian. Bab I pendahuluan yang memuat latar belakang, perumusakan masalah, batasan masalah, manfaat

penelitian serta sistematika penulisan. Bab II dasar teori memuat tentang teori-teori pendukung yang digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian. Bab III metodologi penelitian memuat tentang metode yang digunakan dalam penelitian. Bab IV hasil penelitian dan pembahasan berisi tentang hasil data dan pengolahan data serta analisis data. Bab V kesimpulan dan saran.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Pengertian *Loudspeaker*

Loudspeaker (Pengeras suara) adalah piranti elektroakustik yang mengubah sinyal listrik menjadi sinyal akustik (suara). Contoh *driver loudspeaker* seperti **Gambar 2.1**. Sinyal listrik yang dihasilkan oleh *amplifier* diteruskan ke *loudspeaker*. *Loudspeaker* mengubah sinyal listrik tersebut menjadi sinyal analog suara. Hal ini didapat terjadi karena induksi elektromagnetik yang di alirkan ke *voice coil* menghasilkan medan magnet. Medan magnet tersebut menyebabkan *conepaper loudspeaker* bergetar sekaligus menggetarkan udara di sekitarnya. Getaran tersebut yang menghasilkan suara sesuai dengan sinyal listrik yang diberikan.(IAVT 2014)

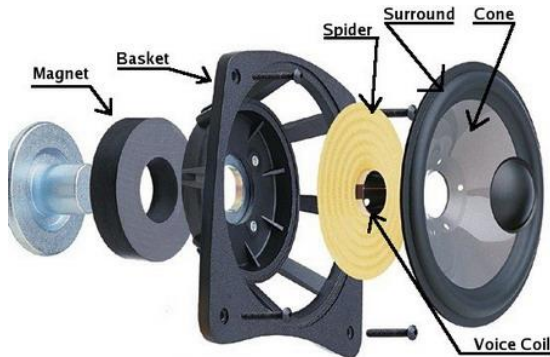


Gambar 2. 1 Contoh *loudspeaker* (stockarch.com)

Berdasarkan penguatnya speaker dibagi menjadi dua yaitu *loudspeaker* pasif (*passive loudspeaker*) adalah *loudspeaker* yang ampliifiernya terpisah dengan *boxnya* atau bisa dibilang tidak memiliki *amplifier* sendiri. Jadi *loudspeaker* Pasif memerlukan *amplifier* tambahan untuk dapat merubah sinyal listrik menjadi suara. Yang kedua adalah *loudspeaker* aktif (*active loudspeaker*) adalah *loudspeaker* yang *amplifier* (penguat suara) menjadi satu didalam *box loudspeaker*nya.

2.2 Fungsi Bagian Speaker

Secara garis besar *loudspeaker* terdiri dari beberapa bagian. Untuk pembangian lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 2.2** di bawah ini.



Gambar 2. 2 Komponen *loudspeaker*
(<http://muhamadsaputra13.blogspot.co.id>)

Komponen penyusun *loudspeaker* berupa yoke (penutup magnet) yang terletak di paling belakang *loudspeaker*, magnet, *top plate* (antara magnet dengan basket), baket atau kerangka, spider, *voice coil*, *surround*, *cone paper* dan *dust cup*. Seperti **Gambar 2.2**.

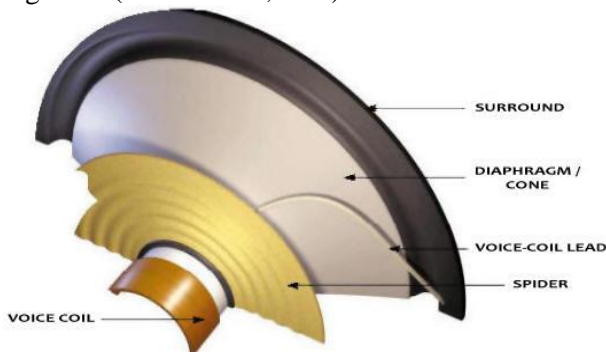
Basket (rangka/*cassing*) berfungsi untuk melindungi seluruh bagian dalam *loudspeaker*. Model rangka sendiri cukup beraneka ragam, seperti misalnya berbahan plastik, logam, ataupun bahan campuran yang disebut *composite*.

Voice coil berfungsi untuk menerima proses induksi dari magnet yang kemudian menghasilkan getaran. Getaran tersebut diteruskan ke *conepaper loudspeaker* untuk diubah menjadi suara.

Dalam melakukan proses perubahan sinyal listrik menjadi sinyal analog *loudspeaker* memerlukan bahan penyusun antara lain *back plate pole* (Logam), magnet permanen, basket atau yang sering disebut rangka *loudspeaker*, *voice coil*, spider, *dust cup* dan surround. Dan penutup *conepaper (dust cup)*. Semua

memiliki peranan masing-masing dalam proses pengolahan sinyal listrik menjadi sinyal *analog*.

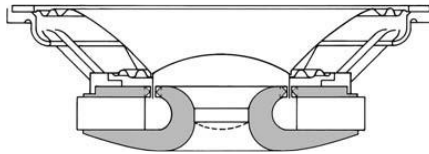
Conepaper berfungsi untuk menghasilkan gelombang tekanan yang mengakibatkan gerakan udara di sekitarnya. Gelombang tekanan tersebut yang disebut suara *output loudspeaker*. *Conepaper* umumnya terbuat dari kertas dan komposit. Semakin kaku *cone* maka semakin baik untuk frekuensi rendah. Dan sebaliknya semakin fleksibel (lentur) semakin baik untuk frekuensi tinggi. Dalam beberapa kasus, *cone* kekakuan sengaja dikurangi untuk menghasilkan karakter tertentu yang diinginkan. (Ballou Glen, 2009)



Gambar 2. 3 Suspensi loudspeaker (<http://www.practical-home-theater-guide.com>)

Suspensi *loudspeaker* memiliki dua bagian yaitu *spider* dan *surround*, seperti **Gambar 2.3**. Spider berfungsi untuk menjaga getaran *voice coil* agar tetap pada posisi awal dan stabil. Terbuat dari komposit atau bahan kertas. Spider fungsinya tidak untuk menutup tepi *cone*. Tapi, spider memberikan kontribusi pada kekakuan di suspensi. Spider mempengaruhi getaran *voice coil* semakin lentur (fleksibel) semakin baik untuk *output* suara frekuensi rendah dan sebaliknya. Surround berfungsi untuk menjaga *cone* tetap pada posisinya dan menyetabilkan getaran, juga untuk menyangga *cone* terhadap rangka. Biasanya terbuat dari spons berkualitas, kertas

foam dan atau *rubber*. *Spider* dan *surround* bekerja dalam satu sistem yakni *surround* yang melekat ke pinggiran *conepaper* dan melekat pada kerangka. *Spider* melekat ke kumparan *voice coil* dan juga menempel dikerangka di pinggiran bagian tengah. *Spider* bertugas untuk redaman dari gerakan *conepaper*. Dan *surround* bertugas untuk menjaga posisi *conepaper* pada posisi fleksibel untuk bergetar. (Ballou Glen.2009)

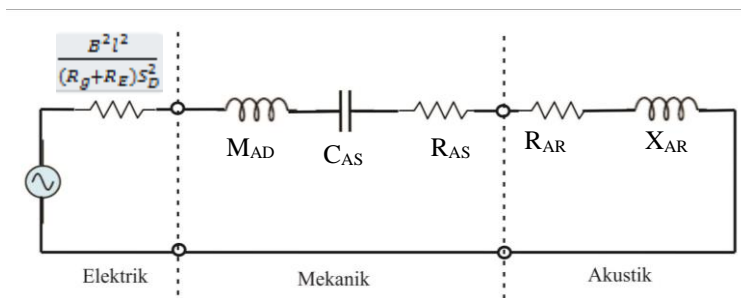


Gambar 2. 4 Bidang radiasi medan magnet (Ballou Glen.2009)

Magnet berfungsi melakukan induksi terhadap *voice coil* dan juga untuk menghasilkan medan magnet. **Gambar 2.4** diatas dapat diamati bahwa *voice coil* berada dalam radiasi medan magnet. (Ballou Glen.2009)

2.3 Prinsip Kerja Loudspeaker

Pada *loudspeaker* getaran *conepaper* menjadi satu kesatuan yang bisa diibaratkan piston yang kaku. **Gambar 2.5** menunjukkan rangkaian pengganti pada sebuah *loudspeaker*.



Gambar 2. 5 Sistem perubahan sinyal listrik menjadi sinyal akustik (koleksi pribadi)

Berdasarkan pada **Gambar 2.5** perubahan sinyal dari sinyal listrik menjadi sinyal mekanik, sinyal mekanik dirubah menjadi sinyal akustik secara lengkap bisa digambarkan dengan *loudspeaker* kotak tertutup.

Gambar 2.5 menjelaskan beberapa faktor yang menarik tentang *loudspeaker* dari rangkaian ini adalah R_g resistansi generator listrik (*Power Amplifier*) dan R_E resistansi *voice coil* yang menjadi satu kesatuan Resistansi. Maksudnya jika menginginkan sistem hentakan yang kuat maka dapat dihasilkan dengan memakai *amplifier* yang memiliki *output* impedansi yang rendah. Sirkuit dari tipe resonansi sederhana diatas dapat menggambarkan tingkat kecepatan getaran *voice coil* atau kecepatan linier pada *conepaper* yang efisien dengan menggunakan kurva renonansi universal (Beranek. Loe L.,1954). Elemen sirkuit diatas juga dapat menjelaskan performa *loudspeaker* dengan teori standar LRC sirkuit.

Ada tiga sistem yang bekerja pada sirkuit **Gambar 2.5** yaitu sistem elektrik, sistem mekanik dan sistem akustik. Pada sistem elektrik yang paling berperan adalah magnet dan *voice coil loudspeaker*. Pada sistem mekanik yang dominan peranannya adalah *spider* dan *sorround*. Sedangkan pada sistem akustik yang berperan adalah *conepaper* yang berinteraksi dengan udara. Pada sistem listrik terdapat hambatan dengan hubungan matematisnya adalah

$$V = I \times R \dots\dots\dots(2.1)$$

V : Beda potensial (*volt*)

I : Arus listrik (*A*)

R : Impedansi loudspeaker (Ω)

(Chaeles K. Alexander, 2009)

Pada sistem mekaniknya ada hubungan gaya *Lorentz* dengan kuat medan magnet, kuat arus dan panjang penghantar. Matematisnya sebagai berikut:

$$F = B \times I \times L \dots\dots\dots(2.2)$$

F : Gaya Lorentz(N)
 B : Kuat medan magnet *Tesla*)
 I : Kuat arus listrik (A)
 L : Panjang penghantar (m)
 1 tesla : 10^4 gauss

Pada sistem akustiknya ada hubungan gaya *Lorentz* dengan Luas area radiasi yang dihasilkan oleh *conepaper*. Matematisnya sebagai berikut:

$$P = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (2.3)$$

P : Tekanan (N/m^2)
 F : Gaya (N)
 A : Luas Radiasi(A)
 (Paul A. Tipler,1998)

2.4 Klasifikasi *Loudspeaker* Berdasarkan Frekuensi Outputnya

Loudspeaker dapat diklasifikasikan berdasarkan frekuensi outputnya. **Gambar 2.6** merupakan contoh dari model *loudspeaker* mulai *subwoofer*, *woofer*, *mid range*, *full range* dan *tweeter*. Dari kelima *loudspeaker* memiliki *range* frekuensi *output* yang berbeda-beda.

- *Subwoofer* : 20 Hz sampai 200 Hz
- *Woofer* : 40 Hz sampai 500 Hz
- *Mid Range* : 250 Hz sampai 2000 Hz
- *Full Range* : 20 Hz sampai 20.000 Hz
- *Tweeter* : 2000 Hz sampai 20.000 Hz

Sesuai dengan frekuensi outputnya maka *loudspeaker* memiliki kegunaan yang berbeda-beda. Contohnya Full range digunakan untuk *loudspeaker* yang di pasang pada ruang seminar karena membutuhkan semua frekuensi *output*. Pada Home theater harus menggunakan *Woofer*, *Mid range* dan *tweeter*.

Karena membutuhkan detail suara dari frekuensi rendah hingga tinggi. (Dickason.Vance, 2006)



Gambar 2. 6 Contoh *loudspeaker* berdasarkan frekuensi *output* (koleksi pribadi)

Bentuk lain dari *driver* elektro dinamis adalah *compression horn*. Pada umumnya *compression* digunakan untuk frekuensi tinggi, *compression horn* memiliki keuntungan yaitu keseimbangan dan prediktabilitas karakter akustiknya baik. *horn* dapat dibuat dari fenolik, kertas, aluminium, titanium, berilium, dan komposit seperti serat karbon. *Tweeter* dari *soft dome* yang proses terciptanya suara langsung dari *voice coil* yang terhubung langsung dengan *dome* tanpa ada *spider* dan *surround*.

Model dari *dust cup* bisa mempengaruhi suara yang dihasilkan *loudspeaker*. Dengan *dust cup* kerucut yang dimiliki *full range* cenderung berfungsi untuk menghasilkan tinggi. Penghasil frekuensi rendahnya diperankan oleh *conepaper* dengan dukungan suspansinya. *Conepaper* dibuat dengan bentuk bergelombang tujuannya saat menekan udara akan menghasilkan frekuensi yang bervariasi. *Dust cup* pada model *midrange*, *woofer*

dan *subwoofer* berfungsi untuk membantu *cone paper* dalam menekan udara. Agar suara lebih tersebar dan terarah. Selain itu, untuk menjaga *voice coil* dari kotoran

2.5 Thiele Small Parameter

Thiele Small Parameter yang selanjutnya disebut *TS Parameter* merupakan standarisasi pada tingkat kualitas mekanisme pada *loudspeaker*. Dinamakan *TS Parameter* karena memang yang pertama kali mempublikasikan parameter-parameter pengukuran *loudspeaker* dalam mendapatkan karakteristiknya adalah A.N. Thiele pada tahun 1961 dan R. Small pada tahun 1973 dalam tulisan ilmiah di jurnal *AES (Audio Engineering Society)* tentang bagaimana memodelkan secara matematis dan menghitung *box loudspeaker* tertutup *box loudspeake* dengan lubang. (Blastica, 2015)

TS Parameter ini membuat nilai parameter tentang sifat dan tingkah parameter *loudspeaker* secara elektrik dan mekanik sehingga mudah untuk menilainya secara kuantitatif. Berikut adalah beberapa *TS Parameter* yang menjadi acuan penilaian

1. *Re (Resistance Electric)*

Bisanya juga disebut *RDC* (resistansi *DC*) atau resistansi *voice coil loudspeaker* merupakan pengukuran terhadap resistansi *voice coil loudspeaker*. Mencari impedansi maksimal sesuai dengan persamaan 2.4.

$$Z_{max} = Re(1 + \frac{Q_{ms}}{Q_{ts}}) \dots\dots\dots(2.4)$$

Z_{max} : Impedansi maksimal (Ω)

Re : Hambatan *voice coil* (Ω)

Q_{ms} : Kualitas mekanik

Q_{ts} : Kualitas Total

2. *F_s* (Frekuensi resonansi)

Frekuensi resonansi *loudspeaker* di udara bebas merupakan suatu keadaan yang menunjukkan bahwa

semua bagian *loudspeaker* yang bergerak beresonansi. *Loudspeaker* akan sulit membuat suara dengan frekuensi yang lebih rendah dari nilai F_s nya. F_s ini kurang berpengaruh pada sistem *loudspeaker horn* karena menggunakan prinsip *loudspeaker* sebagai piston. Matematis *Frekuensi resonansi* sesuai dengan persamaan 2.5 dibawah ini.

$$F_s = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{C_{ms} \cdot M_{ms}}} \dots\dots\dots(2.5)$$

F_s : Frekuensi resonansi (Hz)

C_{ms} : Kesesuaian suspensi (mm/N)

M_{ms} : Massa suspensi, voice coil ,
conepaper dan beban akustik

Secara sederhana, persamaan untuk menghitung frekuensi resonansi adalah persamaan 2.5.

3. *QTS* (Kualitas Total *Loudspeaker*)

Nilai total Q (quality) *loudspeaker* merupakan kualitas yang menyatakan tingkat kebagusan *loudspeaker*. Q_{ts} gabungan kualitas mekanik dan kualitas elektrik dari *loudspeaker*. Pada nilai Q_{ts} 0,6 atau lebih tinggi lebih sesuai jika menggunakan *box* yang lebih besar. Nilai Q_{ts} lebih rendah dari 0,7 dapat menggunakan *box bass-refleks*. Berikut ini persamaan untuk mendapatkan Q_{ts} .

$$\frac{1}{Q_{ts}} = \frac{1}{Q_{ms}} + \frac{1}{Q_{es}} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$Q_{ts} = \frac{Q_{ms} \cdot Q_{es}}{Q_{ms} + Q_{ts}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Q_{ts} : Kualitas total

Q_{ms} : Kualitas mekanik

Q_{es} : Kualitas elektrik

(Beranek. Loe L.,1954)

4. *Q_{ms}* (Kualitas Mekani *Loudspeaker*)

Nilai kualitas mekanis merupakan tingkat kualitas gerakan *loudspeaker* atau sistem mekanik *loudspeaker* yang banyak dipengaruhi oleh kualitas suspensi *loudspeaker*. Nilai *Q_{ms}* ditentukan oleh *surround* dan *spider*. Untuk *subwoofer* membutuhkan nilai *Q_{ms}* yang semakin kecil. Pengukuran parameter ini biasanya bervariasi dari 0,5 - 10.

$$Q_{ms} = \frac{2\pi \cdot F_s \cdot M_{ms}}{R_{ms}} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$Q_{ms} = \frac{F_s \cdot \sqrt{R_e}}{f_2 - f_1} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

Q_{ms} : Kualitas mekanik

Q_{es} : Kualitas elektrik

Q_{ts} : Kualitas total

F_s : Frekuensi resonansi (Hz)

R_e : Hambatan voice coil (Ω)

f₁ : frekuensi pada tegangan tertinggi

f₂ : frekuensi saat tegangan meningkat lagi

R_{ms} : Hambatan mekanik suspensi (*kg/s*)

M_{ms} : Massa suspensi, voice coil ,
conepaper dan beban akustik (*kg*)

5. *Q_{es}* (Kualitas Elektrik *Loudspeaker*)

Nilai kualitas elektrik merupakan tingkat kualitas *voice coil loudspeaker* atau sistem elektrik *loudspeaker*. Nilai *Q_{es}* ditentukan oleh bahan kawat *voice coil*, ukuran diameter *voice coil*, kemampuan penghantaran arus atau nilai resistansi *voice coil*, kemampuan penyerapan panas dan kerapatan gulungan *voice coil*.

$$Q_{es} = \frac{2\pi \cdot F_s \cdot M_{ms} \cdot R_e}{(Bl)^2} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$Q_{es} = \frac{Q_{ms}}{R_e - 1} \dots\dots\dots(2.11)$$

Q_{ms} : Kualitas mekanik

Q_{es} : Kualitas elektrik

Bl : Medan magnet ($Tesla \cdot m$)

F_s : Frekuensi resonansi (Hz)

R_e : Hambatan *voice coil* (Ω)

M_{ms} : Massa suspensi, *voice coil* ,
conepaper dan beban akustik (kg)

6. Bl (Kuat Magnet kali panjang kawat *voice coil Loudspeaker*)

Kekuatan motor *loudspeaker* merupakan tingkat kualitas paduan *voice coil* dan magnet dalam menghasilkan getaran pada conepaper. Nilai Bl yang besar berarti *loudspeaker* mempunyai tingkat motor yang kuat. Satuannya tesla. Nilai Bl yang tinggi sekitar 30 T atau lebih memberikan gambaran bahwa gerakan *conepaper loudspeaker* akan dapat terkontrol dengan akurat sehingga respons suara akan lebih baik.

7. Vas (*Volume Udara Yang Ikut Bergetar*)

Volume udara yang ekuivalen dengan pemenuhan *loudspeaker* maksudnya seberapa tingkat kekakuan gerakan *conepaper loudspeaker*. Nilai Vas juga dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban udara dalam kotak suara serta masih banyak faktor yang lain. Vas dapat diperoleh dengan persamaan 2.12

$$V_{as} = \rho \cdot c^2 \cdot S_d^2 \cdot C_{ms} \dots\dots\dots(2.12)$$

Vas : Volume udara yang bergetar seirama
gerakan conepaper (m^3)

C_{ms} : Kesesuaian suspensi (m/N)

ρ : Massa jenis udara ($1,184 \frac{kg}{m^3}$ pada $25^\circ C$)

c : Kec. suara di udara ($346.1 \frac{m}{s}$ pada $25^\circ C$)

- S_d : Frekuensi resonansi (m^2)
8. M_{md} (Massa Suspensi *Loudspeaker*)
 M_{md} merupakan massa dari *conepaper*, *voice coil*, setengah *surround*, setengah *spider* dan komponen yang bergerak lainnya dari sebuah *loudspeaker*
 9. M_{ms} (Massa suspensi *loudspeaker* dan udara)
 M_{ms} merupakan massa dari suspensi *loudspeaker* dan udara yang ikut digetarkan *loudspeaker*.
 10. S_d (Diamater Suspensi *Loudspeaker*)
 Luas area radiasi efektif merupakan luas area *conepaper* dalam menggerakkan udara. Satuan S_d adalah cm persegi (cm^2). Cara mengukur S_d seperti **Gambar 2.7**. dipengaruhi oleh ukuran *conepaper loudspeaker*, kedalaman *conepaper loudspeaker*. semakin dalam akan menaikkan nilai S_d demikian pula sebaliknya. (Blastica, 2015)

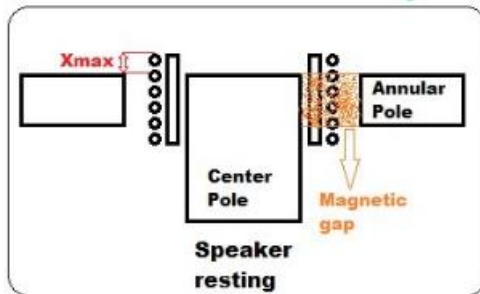


Gambar 2. 7 Cara mengukur diameter loudspeaker untuk menghitung S_d (koleksi pribadi)

S_d diukur dengan menggunakan penggaris ukur diameter setengah *surround* hingga setengah *surround* sisi yang lain seperti **Gambar 2.7** garis kuning merupakan batas pengukuran.

11. X_{max}

Jarak terjauh *voice coil* untuk bergerak dalam medan magnet *loudspeaker* maksudnya jarak terjauh dimana *voice coil loudspeaker* bisa bergerak tetapi seluruh gulungan kawat *voice coil* masih berada di dalam medan magnet *loudspeaker* itu agar masih bisa terkontrol gerakannya dengan baik. *Loudspeaker* dengan X_{max} 10 mm akan bisa bergetar hingga 2 kali lebih jauh dari pada *loudspeaker* dengan X_{max} 5 mm. X_{max} hanya diukur satu arah saja dari posisi seimbangnya yaitu arah masuk atau keluar saja. Berikut **Gambar 2.8** adalah gambar dari X_{max} .



Gambar 2.8 X_{max} voice coil loudspeaker (Dickason.Vance, 2006)

Gambar 2.8 menunjukkan bahwa X_{max} terjadi saat *loudspeaker* berkerja. Dimana simpangan terjauh dari *voice coil* saat bergerak itulah X_{max} .

12. LE (Induktasi Voice Coil)

Induktansi *voice coil* pada frekuensi 1000 Hz maksudnya nilai induktansi *voice coil loudspeaker* yang terukur pada frekuensi 1000 Hz.

13. V_d (Volume Udara Yang Dimampatkan Atau Diregangkan)

Volume udara ekuivalen yang dipindahkan merupakan nilai volume udara yang bisa dipindahkan oleh *conepaper loudspeaker* dimana dihitung dari perkalian antara S_d dan

X_{max} . Semakin besar nilai V_d adalah salah satu indikator *loudspeaker* akan semakin bagus dalam menghasilkan respon pada frekuensi rendah

$$V_d = S_d \cdot X_{max} \dots\dots\dots (2.13)$$

V_d : Volume udara yang diregangkan (m^3)

X_{max} : Simpangan terjauh cone paper (m)

S_d : Luas cone paper (m^2)

14. Efisiensi acuan udara bebas

Nilai efisiensi ini biasanya dibanding dengan nilai sensitivitas *loudspeaker*. Banyak *loudspeaker* dengan sensitivitas bagus tidak menjamin akan memberikan efisiensi yang bagus ketika sudah dipasang dalam kotak *loudspeaker*.

$$\eta_0 = \left(\frac{\rho \cdot B^2 \cdot l^2 \cdot S_d^2}{2 \cdot \pi \cdot c \cdot M_{ms}^2 \cdot R_e} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (2.14)$$

R_e : Hambatan voice coil (Ω)

M_{ms} : Massa suspensi, voice coil, cone paper dan beban akustik (kg)

Bl : Medan magnet ($Tesla \cdot m$)

ρ : Massa jenis udara ($1,184 \frac{kg}{m^3}$ pada $25^\circ C$)

c : Kec. suara di udara ($346. i \frac{m}{s}$ pada $25^\circ C$)

S_d : Frekuensi resonansi (cm^2)

2.6 Software DAAS

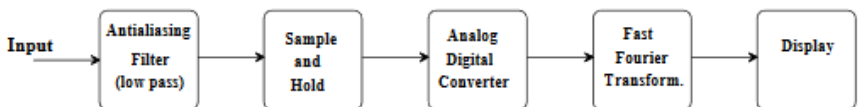
Software DAAS merupakan perangkat lunak yang mendukung proses karakterisasi speaker. Perangkat ini bertugas memberikan sinyal input berupa sinyal listrik ke pada *loudspeaker* dan menangkap sinyal *output* berupa suara dari *loudspeaker* dengan bantuan mikrofon. Sinyal *output loudspeaker*

ini yang diproses oleh *software* DAAS yang akan menghasilkan grafik hubungan antara Frekuensi dan *SPL* atau *power*.

DAAS dapat digunakan dalam pengukuran variabel sebagai berikut ini:

- Tingkat pengambilan sampel hingga 64 kHz
- Kemungkinan untuk mengendalikan perangkat eksternal melalui jalur *switching* (opsional)
- Pengukuran kurva frekuensi dan impedansi dengan frekuensi variabel
- Perhitungan fase dari kurva frekuensi dan impedansi dengan otomatis
- *Delay correction* untuk pengukuran akustik
- Fase minimal, fase berlebih dan *propagation time*.
- *Step response*, *impulse response* dan ETC
- Spektrum *water fall* (peluruhan spektral kumulatif)
- Free field correction pada kurva frekuensi respon akustik
- Pengukuran distorsi dengan frekuensi
- Evaluasi kurva distorsi versus frekuensi
- Distorsi intermodulasi dengan frekuensi variabel
- Perbedaan distorsi nada dengan frekuensi variabel
- *TS Parameter*
- Dan lain sebagainya

Berikut ini merupakan alur pemrosesan dari *software* DAAS.



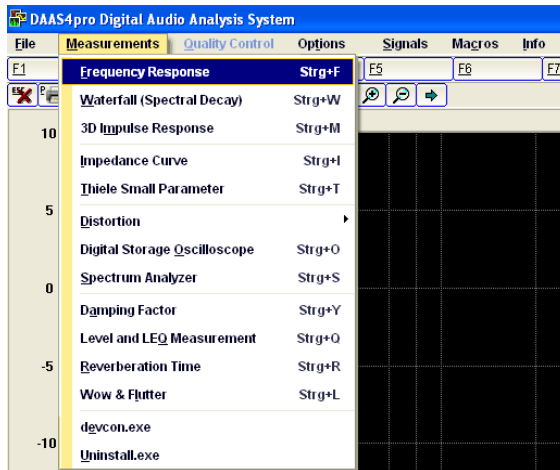
Gambar 2. 9 Alur proses *Software* DAAS (Adm Engineering,1999)

Pengukuran respons frekuensi sama dengan filter paralel *Analyzer* yaitu melalui evaluasi sinyal pada *input* dan *output* dari objek yang sedang diuji secara teoritis, jika kita menggunakan *Periodic Noise*, dimungkinkan untuk mendapatkan frekuensi

Respon dengan mengukur sinyal pada output saja. Namun karena *amplifier* dengan variabel gain dan *filter* yang digunakan maka diperlukan untuk mengukur sinyal pada Masukan juga (*reference measurement*). Resolusi frekuensi, setara dengan jumlah *filter* yang menggunakan paralel *Filter analyzer*, hanya dibatasi oleh daya proses dan memori PC. Berikut ini **Gambar 2.10** adalah tampilan dari software DAAS.



(a).



(b).

Gambar 2. 10 Tampilan *software* DAAS (a). Pengukuran frekuensi respon. (b). Pilihan pengukuran

Gambar 2.10 merupakan beberapa contoh tampilan *software* DAAS. (a) menunjukkan pengukuran frekuensi respon dengan menggunakan *software* DAAS. Terdapat grafik hasil pengukuran frekuensi respon juga. (b) menunjukkan pilihan untuk melakukan pengukuran sebagai proses karakterisasi *loudspeaker*. (Adm Engineering,1999)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Tahap-tahap Penelitian

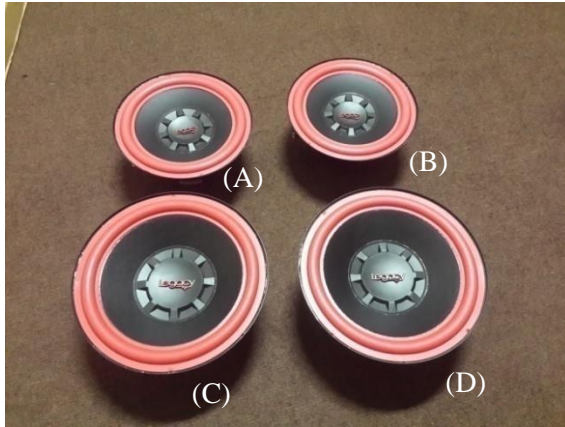
Pada tugas akhir ini, fokus utama penelitian adalah pada karakterisasi *loudspeaker* Legacy 10 inci dan 12 inci. Karakterisasi *loudspeaker* ini meliputi pengukuran frekuensi respon, pengukuran impedansi dan pengukuran *TS Parameter*.

3.2 Studi Literatur

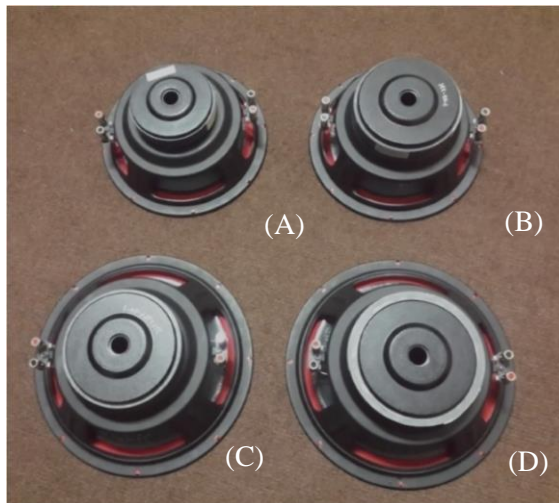
Studi literatur dilakukan untuk mendukung proses pembuatan tugas akhir serta memahami arah dan alur penelitian yang dapat mendukung proses penelitian dari awal hingga penulisan laporan. Tahan ini dilakukan untuk mendapatkan dasar teori yang berkaitan dengan penelitian sehingga dapat menjadi acuan dalam melakukan analisis dan pembahasan. Sumber literatur yang digunakan dalam penelitian ini meliputi buku-buku, artikel, jurnal ilmiah dan internet

3.3 Spesifikasi Loudspeaker dan Software yang digunakan

Loudspeaker yang digunakan pada penelitian ini adalah empat *loudspeaker* Legacy antara lain 10 inci LG 1095-2 *Double voice coi*, 10 inci LG 1096-2 *Double voice coil*, 12 inci LG 1295-2 *Double voice coil* dan 12 inci LG 1296-2 *Double voice coil* seperti **Gambar 3.1**.



Gambar 3. 1 Sempel *loudspeaker* tampak depan (koleksi pribadi)



Gambar 3. 2 Sempel *loudspeaker* tampak belakang (koleksi pribadi)


Gambar 3.1 dan **Gambar 3.2** merupakan perbedaan secara *visual* sampel *loudspeaker* yang dilakukan pengujian. Dari

ke-empat *loudspeaker* tersebut memiliki spesifikasi sebagai berikut ini.

(A). *Loudspeaker* (A)

Untuk menunjang proses pengukuran *loudspeaker* (A). Berikut ini merupakan **Tabel 3.1** spesifikasi *loudspeaker* 10 inci Legacy LG-1095-2 *Double voice coil* dengan 6850 gauss sebagai sampel *loudspeaker* (A).


Tabel 3. 1 Spesifikasi *loudspeaker* (A)

Model	:	
Diameter speaker	:	10 inch / 254 mm
Daya maksimum	:	200 Watt
Lebar daerah frekuensi	:	37 Hz -960 Hz
Re	:	3.6 Ω
SPL (2.83 V / 1 m)	:	87 dB
Medan magnet	:	0.685 T
Berat magnet	:	0.81 kg / 28.49 Oz
<i>Voice coil</i> diameter	:	49.50 mm
Bahan <i>conepaper</i>	:	<i>Paper</i>
Bahan <i>Surround</i>	:	<i>Foam</i>
Bahan Spider	:	<i>Paper</i>

(B). *Loudspeaker* (B)

Untuk menunjang proses pengukuran *loudspeaker* (B). Berikut ini merupakan tabel 3.2 spesifikasi *loudspeaker* 10 inci Legacy LG-1096-2 *Double voice coil* dengan 8500 gauss sebagai sampel *loudspeaker* (B).


Tabel 3. 2 Spesifikasi *loudspeaker* (B)

Model	:	
Diameter speaker	:	10 inch / 254 mm
Daya maksimum	:	250 Watt*
Lebar daerah frekuensi	:	36 Hz - 950 Hz
Re	:	3.6 Ω
SPL (2.83 V / 1 m)	:	88 dB
Medan magnet	:	0.85 T
Berat magnet	:	1.35 kg / 47.31 Oz
Voice coil diameter	:	49.50 mm
Bahan conepaper	:	Paper
Bahan Surround	:	Foam
Bahan Spider	:	Paper

(C). *Loudspeaker* (C)

Untuk menunjang proses pengukuran *loudspeaker* (C). Berikut ini merupakan tabel 3.3 spesifikasi *loudspeaker* 12 inci Legacy LG-1295-2 *Double voice coil* dengan 8300 gauss sebagai sampel *loudspeaker* (C).


Tabel 3. 3 Spesifikasi *loudspeaker* (C)

Model	:	
Diameter speaker	:	12 inch / 305 mm
Daya maksimum	:	250 Watt*
Lebar daerah frekuensi	:	34 Hz - 800 Hz
Re	:	2.9 Ω
SPL (2.83 V / 1 m)	:	93 dB
Medan magnet	:	0.83 T
Berat magnet	:	1.16 kg / 40.62 Oz
<i>Voice coil</i> diameter	:	49.50 mm
Bahan <i>conepaper</i>	:	<i>Paper</i>
Bahan <i>Surround</i>	:	<i>Foam</i>
Bahan Spider	:	<i>Paper</i>

(D). *Loudspeaker* (D)

Untuk menunjang proses pengukuran *loudspeaker* (D). Berikut ini merupakan tabel 3.4 spesifikasi *loudspeaker* 12 inci Legacy LG-1296-2 *Double voice coil* dengan 8400 gauss sebagai sampel *loudspeaker* (D).

Tabel 3. 4 Spesifikasi *loudspeaker* (D)

Model	:	
Diameter speaker	:	12 inch / 305 mm
Daya maksimum	:	300 Watt*
Lebar daerah frekuensi	:	34 Hz - 3.1 KHz
Re	:	2.9 Ω
SPL (2.83 V / 1 m)	:	94 dB
Medan magnet	:	0.84 T
Berat magnet	:	1.35 kg / 47.31 Oz
<i>Voice coil</i> diameter	:	49.50 mm
Bahan <i>conepaper</i>	:	<i>Paper</i>
Bahan <i>Surround</i>	:	<i>Foam</i>
Bahan Spider	:	<i>Paper</i>

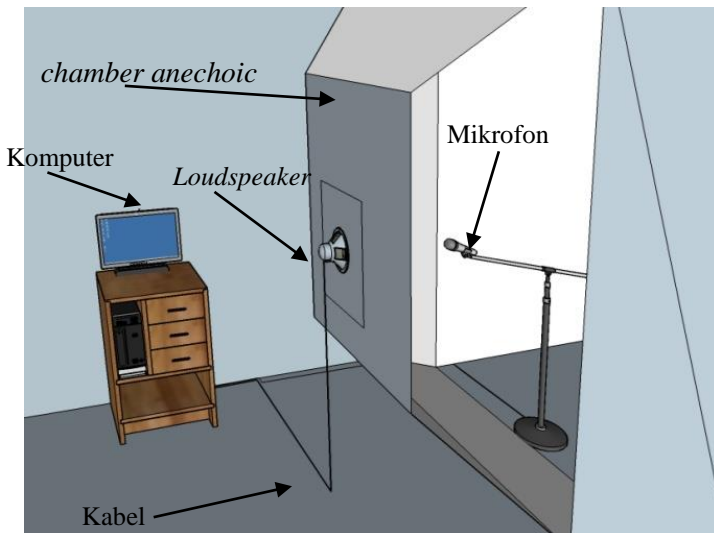
3.4 Karakterisasi *Loudspeaker*

Pada penelitian ini proses pengukuran terdiri dari pengukuran respon frekuensi, pengukuran distorsi, pengukuran impedansi, pengukuran *TS Parameter*. Pengukuran tersebut mengacu pada standart *manual books software DAAS* dan *Work Instuction CV. Sinar Baja Electric*.

Tahap-tahap dari karakterisasi *loudspeaker* ini dimulai dengan mempersiapkan alat dan bahan, komputer dinyalakan, *amplifier* dinyalakan , *software DAAS* dibuka. Dan dilakukan pengukuran sesuai dengan prosedur dibawah ini. Untuk metode pengukuran lebih jelas terlampir.

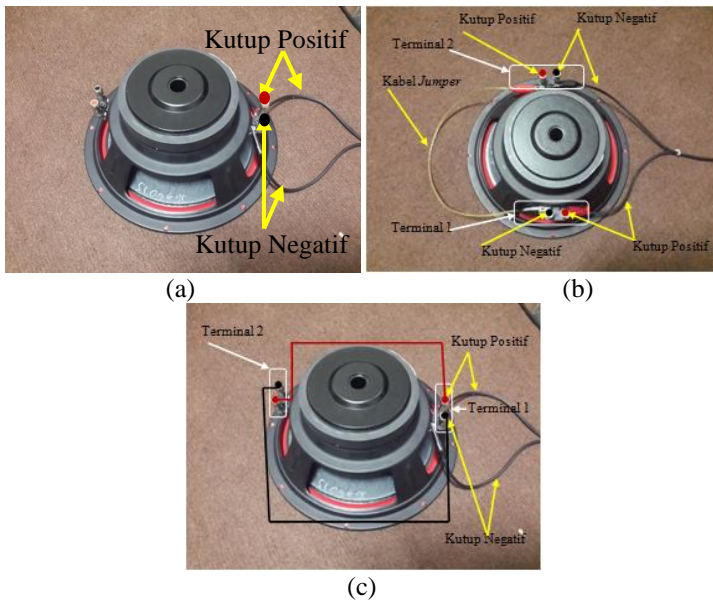
3.4.1 Pengukuran Respon Frekuensi *Loudspeaker*

Pengukuran frekuensi respon *loudspeaker* menggunakan alat seperti komputer kabel ruang kamar dan ruang anechoic. Peralatan tersebut dapat dirangkai seperti Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Rangkaian alat pengukuran frekuensi respon (koleksi pribadi)

Gambar 3.3 merupakan rangkaian pengukuran frekuensi respon *loudspeaker*. dengan rangkaian tersebut komputer yang berperan memberi *input* dan merekan output pada *loudspeaker*. Pengukuran frekuensi respon pada penelitian ini dilakukan dengan tahanan-tahap sebagai berikut ini. Pertama, *software* DAAS diatur sesitivitas mikrofonnya, disesuaikan impedansi *output-an* *loudspeaker* dengan impedansi yang dimiliki *loudspeaker*. *Loudspeaker* dipasang pada panel dan diletakkan pada muka ruang *chamber anechoic*. Pastikan tidak ada rongga udara diantara *loudspeaker*, panel dan ruang *chamber anechoic*. *Loudspeaker* dan *hardware* DAAS dihubungkan dengan kabel.



Gambar 3.4 Rangkaian terminal: (a) *single*, (b) seri, (c) paralel (koleksi pribadi)

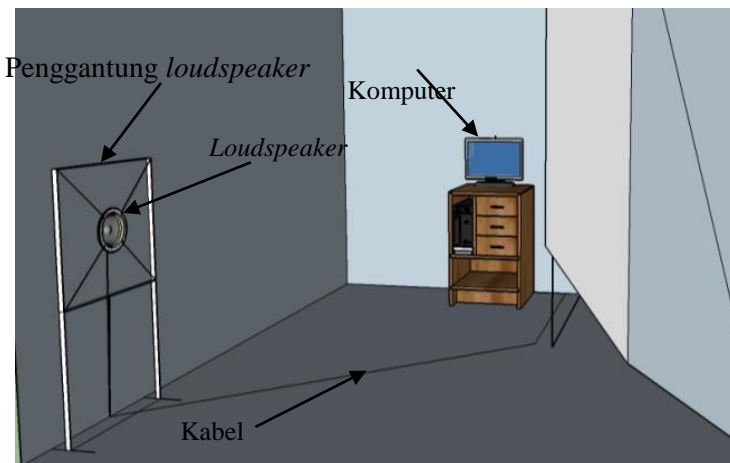
Dengan rangkainan *single*, seri dan paralel. Pertama dengan model *single voice coil* dengan cara menghubungkan kabel

dengan terminal *loudspeaker* pada posisi semestinya seperti **Gambar 4.3 (a)**. Kedua model Seri dengan cara memasang input positif pada terminal 1 positif, input negatif ke terminal 2 negatif dan terminal 1 negatif di *jumper* dengan terminal 2 positif seperti **Gambar 4.3 (b)**. Ketiga model paralel, input positif pada terminal 1 positif input negatif pada terminal 1 negatif selanjutnya terminal 1 positif di *jumper* dengan terminal 2 positif dan terminal negatif 1 dihubungkan dengan terminal 2 negatif seperti **Gambar 3.4 (c)**.

Dimulai pengukuran dengan membuka *window* measurement frekuensi respon. Klik start untuk memberi *input* dan merekam suara *loudspeaker*. Dan grafik frekuensi respon *loudspeaker* bisa diamati.

3.4.2 Pengukuran Impedansi *Loudspeaker*

Pengukuran impedansi *loudspeaker* menggunakan alat seperti komputer kabel ruang kamar dan penggantung *loudspeaker*. Peralatan tersebut dapat dirangkai seperti **Gambar 3.5 (a)**.



(a)



(b)

Gambar 3.5 (a). Rangkaian alat pengukuran impedansi dan *TS Parameter* (b). Kondisi saat pengukuran (koleksi pribadi)

Gambar 3.5 tersebut menjelaskan bagaimana rangkian alat pada pengukuran impedansi *loudspeaker*. dimana kondisi *loudspeaker* harus dalam keadaan bebas bergerak. Untuk mengurangi terjadinya hal yang tidak diinginkan.

Pengukuran impedansi pada penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut ini. Pertama, Posisikan *loudspeaker* sejajar dengan lantai (horizontal) seperti **Gambar 3.5(b)**. Keluar dari *measurement* frekuensi respon. Masuk ke *measurement* impedansi. Tekan tombol F1 untuk memberi *input* dan merekam suara *loudspeaker*. Dan grafik impedansi *loudspeaker* bisa diamati.

3.4.3 Pengukuran *TS Parameter*

Pengukuran *TS Parameter* pada penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut ini. Pertama, Posisikan *loudspeaker* sejajar dengan lantai (horizontal). Keluar dari *measurement* impedansi. Masuk ke *measurement TS Parameter*. Tekan tombol F1 untuk memberi *input* dan merekam suara *loudspeaker*. *Conepaper* diberi beban seperti **Gambar 3.6**

fungsinya untuk memandangkan gerakan *conepaper* sebelum dan sesudah diberi beban sebagai perhitungan *TS Parameter*. Tekan F1 lagi untuk memberi input *loudspeaker*. Dan grafik *TS Parameter loudspeaker* bisa diamati. Rangkaian alat seperti pada **Gambar 3.5**.



Gambar 3. 6 Pembebanan dengan menggunakan clay (koleksi pribadi)

Pada **Gambar 3.6** menjelaskan proses pemasangan *clay* sebagai pembeban *conepaper*. Saat pemasangan *clay* tidak boleh menekan *conepaper* terlalu keras karena bisa mengakibatkan *conepaper* rusak dan suara yang dihasilkan menjadi tidak normal



Gambar 3. 7 Posisi *loudspeaker* setelah pembedanan (koleksi pribadi)

Setelah dipasang *clay loudspeaker* digantung lagi seperti **Gambar 3.7** supaya bebas dari getaran lain yang dapat

mempengaruhi pengukuran. Setelah itu lakukan pengukuran impedansi kedua. Pengukuran *TS Parameter* memerlukan clay merupakan *prosedur* dalam pengukuran menggunakan *software* DAAS. Agar *software* tersebut bisa memperkirakan nilai dari parameter-parameter yang diukur dengan membandingkan nilai impedansi sebelum dan sesudah pembebanan. Grafik impedansi akan terlihat menurun pada nilai F_s .

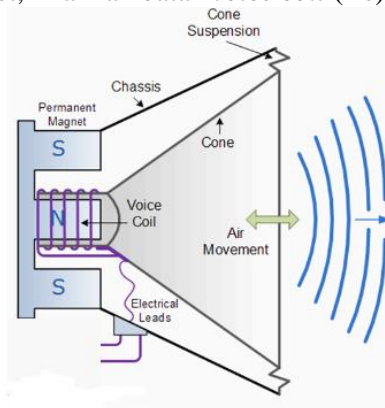
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, pengambilan data pada ruang pengujian *loudspeaker* CV. Sinar Baja Electric. Ada empat *loudspeaker* yang dilakukan pengukuran pada penelitian ini. Yaitu *loudspeaker*(A), *loudspeaker*(B), *loudspeaker*(C) dan *loudspeaker*(D) sesuai dengan spesifikasi pada metodologi. Dari ke-empat *loudspeaker* tersebut telah di beri spesifikasi yang berbeda-beda untuk membandingkan hasil pengukuran parameter satu dengan yang lain.

4.1 Analisis Data

Dalam penelitian ini dilakukan variasi-variasi pengambilan data untuk mengetahui hubungan antar parameter. Variasi yang digunakan antara lain perbandingan respon frekuensi berdasarkan perbedaan sudut dengar *loudspeaker*, nilai hambatan *voice coil* (Re), ukuran diameter *loudspeaker*, nilai medan magnet. Perbandingan impedansi berdasarkan medan magnet, nilai hambatan *voice coil* (Re), ukuran diameter *loudspeaker*. Perbandingan *TS Parameter* berdasarkan ukuran *loudspeaker*, nilai medan magnet, nilai hambatan *voice coil* (Re).

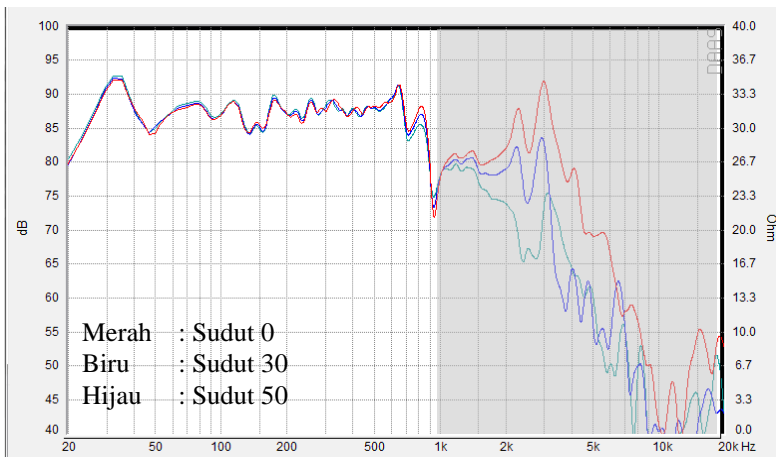


Gambar 4. 1 Prinsip *loudspeaker* (Bloogystyle.blogspot.co.id)

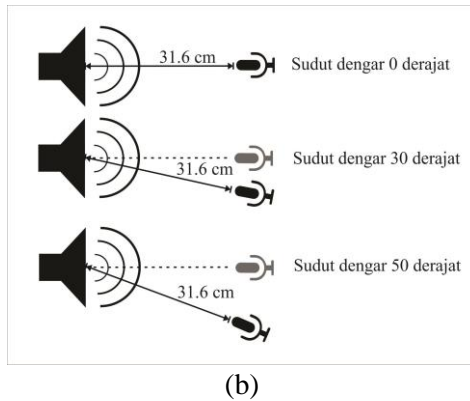
Prinsip dasar yang terdapat dalam sistem kerja *loudspeaker* adalah piranti yang mengubah sinyal listrik menjadi getaran dan getaran menjadi suara. Seperti yang terlihat pada **Gambar 4.1**. Sinyal listrik dikonversi menjadi getaran. Dimana proses tersebut terjadi akibat interaksi antara *voice coil* dan magnet. Setelah itu, gerakan interaksi antara *voice coil* dan magnet tersebut akan berubah menjadi suara dengan memanfaatkan *cone/paper* yang menekan udara disekitarnya.

4.1.1 Analisis *loudspeaker* berdasarkan perbedaan sudut dengar

Pada analisa *loudspeaker* berdasarkan perbedaan sudut dengar ini, menggunakan tiga sisi sudut dengar yaitu pada sudut 0° , sudut 30° dan sudut 50° . Seperti yang terlihat pada **Gambar 4.2 (b)**. **Gambar 4.2 (a)** Grafik frekuensi respon, warna merah ditunjukkan untuk *loudspeaker* yang diletakkan pada sudut dengar 0° , warna biru ditunjukkan untuk *loudspeaker* yang diletakkan pada sudut dengar 30° dan warna hijau ditunjukkan untuk *loudspeaker* yang diletakkan pada sudut dengar 50°



(a)



Gambar 4. 2 (a).Grafik frekuensi respon beda sudut dengar; (b). sudut mikrofon saat pengukuran frekuensi respon (koleksi pribadi)

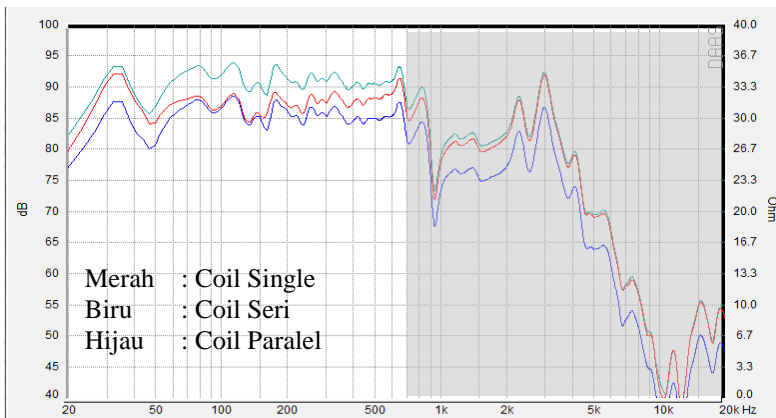
Pada **Gambar 4.2 (a)** grafik frekuensi respon *loudspeaker* (A) dengan *single voice coil* menunjukkan hubungan antara frekuensi *output* dengan *power loudspeaker*. Pemberian variasi ini untuk mengetahui suara *output* yang dihasilkan *loudspeaker* mulai menurun pada frekuensi berapa. Jika pada frekuensi kerjanya sudah terjadi penurunan *power* akibat pemberian sudut berarti *loudspeaker* perlu *dirework*.

Dari **Gambar 4.2 (a)** dapat dilihat bahwa pada *loudspeaker* ini memiliki *power* yang sama walaupun didengarkan dengan posisi tidak lurus dengan sumber suara pada frekuensi 20 Hz hingga 1000 Hz. Sedangkan pada frekuensi diatas 1000 Hz nilainya menurun saat didengarkan dengan posisi tidak lurus sumber suara. Semakin besar sudut dengar yang dibentuk yaitu dari 0 derajat menjadi 30 derajat hingga 50 derajat cenderung mengalami penurunan *power*nya. Artinya *power* berbanding terbalik dengan sudut terima suara oleh mikrofon. Jadi untuk frekuensi rendah (20 Hz hingga 1000 Hz) disebarkan kesegala arah. Sedangkan untuk frekuensi tingginya (Diatas 1000 Hz) disebarkan secara *unidireksional* (satu arah) hanya ke arah depan *loudspeaker* saja. Jadi, *loudspeaker* tersebut sebagai *loudspeaker*

woofer dengan kebutuhan frekuensi *output* 20-400 Hz. Variasi sudut yang dimaksud saat pengukuran seperti **Gambar 4.2 (b)**. Pada frekuensi tinggi *power* mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karakter dari frekuensi tinggi cenderung *unidireksional* dan karakter dari *loudspeaker* dibuat hanya untuk mendukung frekuensi rendah dan mengabaikan frekuensi tinggi.

4.1.2 Analisis *loudspeaker* berdasarkan nilai hambatan *voice coil* (re)

Pada analisis *loudspeaker* berdasarkan nilai hambatan *voice coil* (Re), menggunakan tiga macam rangkaian *voice coil* yang berbeda-beda. Seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.3** grafik frekuensi respon dibawah ini, warna merah menunjukkan *loudspeaker* dengan *voice coil* yang dirangkai secara *single*, warna biru menunjukkan *loudspeaker* dengan *voice coil* yang dirangkai secara seri dan warna hijau menunjukkan *loudspeaker* dengan *voice coil* yang dirangkai secara paralel.



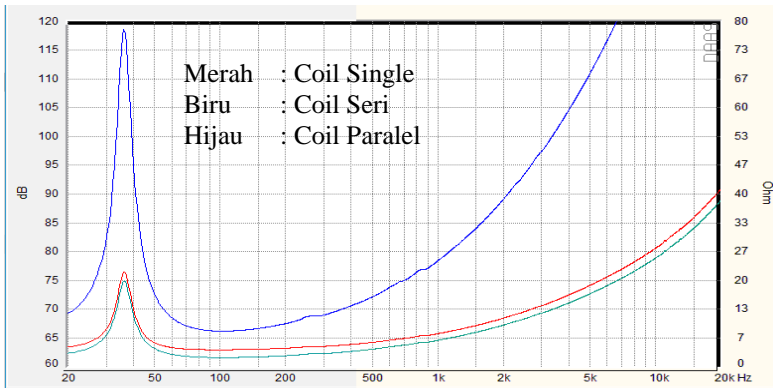
Gambar 4. 3 Grafik frekuensi respon beda nilai hambatan *voice coil*

Pada **Gambar 4.3** grafik frekuensi respon *loudspeaker* (A) menunjukkan hubungan antara frekuensi output dengan *power loudspeaker* Pada **Gambar 4.3** merupakan grafik berdasarkan

beda nilai hambatan *voice coil Loudspeaker* dengan melakukan pemasangan *input loudspeaker* yang berbeda-beda.

Dari grafik diatas padat diamati bahwa *power* pada rangkaian *input single* ($Re : 3,6 \Omega$) berada di tengah-tengah, Seri ($Re : 1,8 \Omega$) pada posisi rendah dan Paralel ($Re : 7,2 \Omega$) pada posisi tinggi. Jadi, nilai *Re* pada *loudspeaker* mempengaruhi *power* dari *loudspeaker*. Semakin kecil nilai *Re* maka semakin besar *power* dari *loudspeaker*nya. Hal ini bisa terjadi karena pada *voice coil* paralel nilai *Bl* nya besar sebab kawat *voice coil* yang dialiri arus listrik lebih panjang tetapi hambatan *voice coil* kecil sehingga arus listrik yang mengalir menjadi lebih besar nilainya jika dirangkai paralel. Akibatnya induktansi yang dihasilkan *voice coil* menjadi lebih besar yang menyebabkan gaya tolak menolak/menarik dengan magnet permanen semakin kuat dan gerakan *conepaper* menjadi lebih kuat juga. berbeda dengan kondisi seri. Hambatan *voice coil* lebih tinggi dibandingkan dengan *single* dan paralel. Maka induktansinya kecil dan mempengaruhi gerakan mekanik yang pada akhirnya gerakan *conepaper* juga lebih lemah. Hal ini sesuai dengan hukum ohm atau persamaan 2.2.

Perbedaan nilai *voice coil* berpengaruh terhadap perubahan nilai impedansi, untuk mengetahui perbedaan tersebut dapat digunakan software DAAS. Perubahan nilai impedansi dapat akibat perubahan nilai hambatan dijelaskan dalam **Gambar 4.4**.



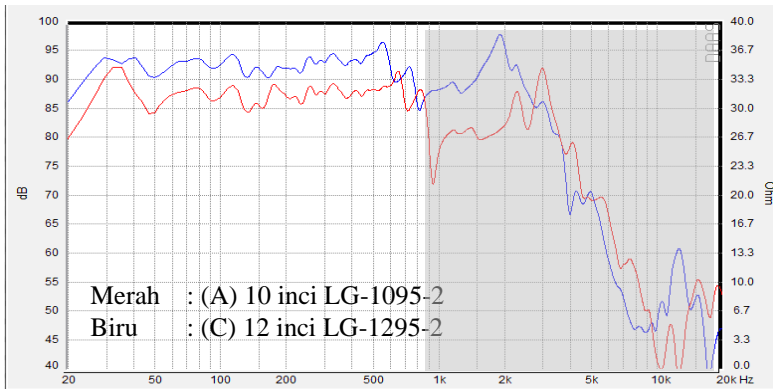
Gambar 4. 4 Grafik impedansi beda nilai hambatan *voice coil*

Gambar 4.4 merupakan grafik hubungan antara frekuensi respon dengan impedansi. Dengan perbedaan pemasangan *input* yaitu secara *single*, seri dan paralel. Dari perbedaan itu menunjukkan perubahan impedansi. Dimana impedansi pada rangkaian *voice coil* seri peningkatannya sangat mencolok dan paling tinggi. Hal ini berbanding terbalik dengan kenaikan *power* pada pengujian frekuensi respon. Kenaikan impedansi mengakibatkan penurunan *power loudspeaker* sesuai dengan **Gambar 4.4**. Karena *driver* mengalami penurunan gerakan akibat aliran sinyal listrik yang terhamban. Ini berlaku jika *input* sama. Namun, jika diberi *input* lebih besar maka *loudspeaker* akan meningkatkan *powernya*. Jadi impedansi yang besar tidak berpengaruh pada kualitas dan nilai suara yang dihasilkan jika diimbangi dengan penambahan daya *inputnya*. Hal ini sesuai dengan persamaan 2.1.

4.1.3 Analisis *loudspeaker* Berdasarkan Ukuran Diameter *Loudspeaker*

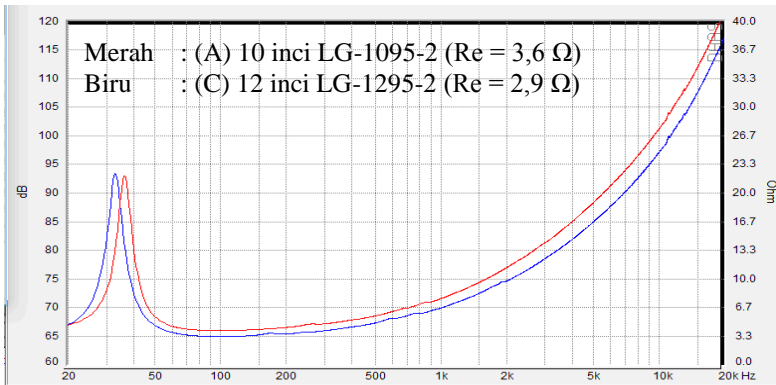
Pada analisis *loudspeaker* berdasarkan ukuran diameter *loudspeaker*, menggunakan dua macam *loudspeaker* dengan ukuran diameter yang berbeda. Seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.5** grafik frekuensi respon dibawah ini, warna merah

menunjukkan *loudspeaker* dengan ukuran 10 inci dan warna biru menunjukkan *loudspeaker* dengan ukuran 12 inci.



Gambar 4. 5 Grafik frekuensi respon beda ukuran diameter *loudspeaker*

Pada **Gambar 4.5** dapat diamati bahwa ukuran diameter *loudspeaker* dapat mempengaruhi besarnya *power* pada *loudspeaker*. Semakin besar ukuran *conepaper* semakin besar pula *power* yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena dengan diameter lebih besar maka volume udara yang di getarkan juga semakin besar pula nilainya. Dan juga berlaku sebaliknya. Asumsi ini juga diperkuan pada grafik antara *loudspeaker* (B) dengan *loudspeaker* (D) yang terlampir.

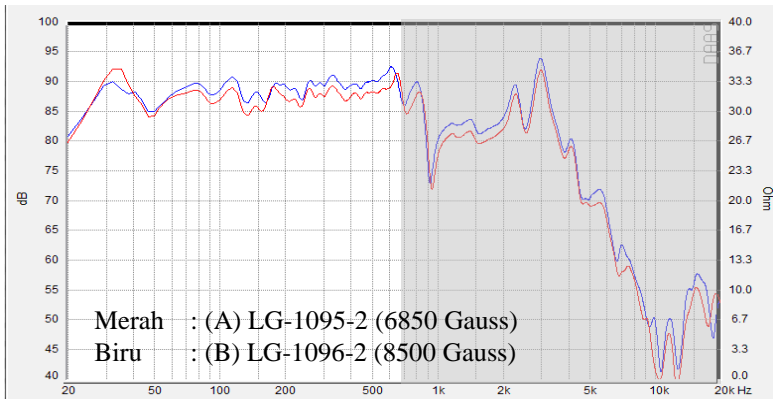


Gambar 4. 6 Grafik impedansi beda ukuran diameter *loudspeaker*

Berbeda ukuran diameter *loudspeaker* berarti berbeda ukuran keseluruhan *part*, utamanya *conepaper* dengan ukuran 10 inci menjadi 12 inci. Pada **Gambar 4.6** merupakan grafik yang menunjukkan bahwa perubahan ukuran diameter *loudspeaker* mempengaruhi keseluruhan grafik dari mulai R_e (hambatan *voice coil*), F_s (Posisi Frekuensi resonansi) dan nilai dari impedansi per titik frekuensinya. Sebenarnya dalam hal ini tidak bisa dijadikan perbandingan hubungan ukuran *loudspeaker* dengan perubahan nilai impedannya. Karena impedansi *loudspeaker* dominan dipengaruhi oleh *voice coil*nya. Bukan karena beda ukuran dari *part loudspeaker*nya. Sedangkan ukuran dan bahan dari *voice coil* pada kasus ini sama. Oleh karena itu, tetap dibahas mengenai *power* dari *loudspeaker* terlihat jelas adanya perbedaan pada *power loudspeaker*nya.

4.1.4 Analisis *loudspeaker* berdasarkan nilai medan magnet

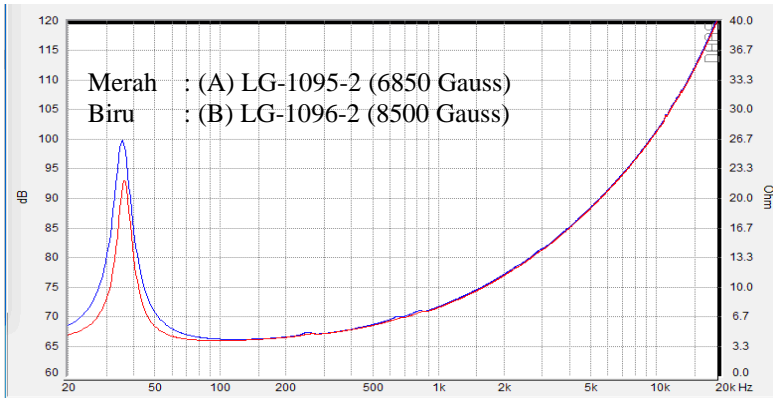
Pada analisa *loudspeaker* berdasarkan nilai medan magnet, menggunakan dua macam *loudspeaker* yang berbeda kekuatan magnetnya. Seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.7** grafik frekuensi respon dibawah ini.



Gambar 4. 7 Grafik frekuensi respon beda magnet permanen *loudspeaker*

Pada **Gambar 4.7** diatas dapat diamati bahwa nilai medan magnet permanen memiliki pengaruh terhadap kenaikan *power*. Hubungannya sebanding artinya semakin besar nilai medan magnet semakin besar pula *power* yang dihasilkan walaupun penambahannya hanya sedikit. Hal ini sesuai dengan persamaan 2.2 yaitu persamaan ($F = B \times I \times L$)

Medan magnet (B) merupakan gaya dari luar *voice coil*. Dimana nilai B sebanding dengan nilai F. medan magnet ini yang menyebabkan adanya gaya tolak menolak saat *voice coil* dialiri listrik. Jika pada magnet permanen memiliki medan magnet semakin besar maka gaya tolak menolak atau gaya tarik menariknya semakin besar. Yang akhirnya mempengaruhi gerakan *conepaper* menjadi semakin besar gayanya sehingga udara yang digetarkan semakin besar volumenya. dan *power* juga mengalami kenaikan



Gambar 4. 8 Grafik impedansi beda magnet permanen *loudspeaker*

Pada **Gambar 4.8** yang merupakan grafik antara impedansi dengan frekuensi. Ada dua grafik yang dapat dibandingkan. Dapat diamati bahwa perubahan medan magnet mempengaruhi nilai dari impedansi *loudspeaker*. pengaruh yang paling terlihat adalah pada nilai impedansi maksimal (Z_{max}). Semakin tinggi nilai medan magnet semakin tinggi pula Z_{max} -nya. Ini karena pada penambahan kuat medan magnet mempengaruhi aliran listrik pada *voice coil*. Pengaruhnya ini bisa berupa hambatan. Karena dengan adanya pengaruh dari medan magnet yang besar arus listrik menjadi lebih terhambat. Semakin kecilnya arus ini menyebabkan gerakan driver dalam bergetar kurang kuat sehingga *power* akan menurun dan bisa mempengaruhi frekuensi *output*.

Gambar 4.8 juga menunjukkan frekuensi resonansi bisa diamati bahwa perubahan kuat medan magnet tidak mempengaruhi posisi frekuensi resonansi. Jadi kualitas frekuensi *output loudspeaker* tidak terjadi perubahan.

4.1.5 Analisis *TS Parameter* berdasarkan nilai hambatan *voice coil* (Re)

Pada analisis *TS Parameter* berdasarkan kuat medan magnet mendapatkan hasil sesuai **Tabel 4.1**. Terdapat parameter yang berubah akibat dari perubahan hambatan *voice coil*. Dan ada juga parameter yang tidak terpengaruh.

Tabel 4. 1 Hasil pengukuran *TS Parameter loudspeaker* (A) rangkaian terminal *Single* (3,6 Ω), *Seri* (7,2 Ω), *Paralel* (1,8 Ω)

No.	Parameter	<i>loudspeaker</i> (A)		
		Single	Seri	Paralel
1	Fms (Hz)	36,20	36,10	36,20
2	Re (Ω)	3,60	7,20	1,80
3	Qms	6,65	6,70	6,54
4	Qes	1,37	0,69	0,68
5	Qts	1,13	0,63	0,61
6	Rms (kg/s)	2,20	2,10	2,20
7	Cms (mm/N)	0,31	0,31	0,31
8	Mms (gr)	63,10	63,50	63,10
9	Bl (N/A)	6,20	12,20	6,20
10	SPL(dB)	84,60	87,50	87,70
11	VAS (L)	54,50	54,50	54,50
12	Le (mH)	0,49	1,96	0,50
13	Sd (cm ²)	356,30	356,30	356,30

Pada *TS Parameter* ini merupakan parameter yang digunakan untuk mengkarakterisasi *loudspeaker woofer* secara elektrik maupun mekanik. Berikut ini merupakan penjelasan mengenai hubungan parameter dengan parameter yang lain atau *part loudspeaker* sesuai dengan persamaan dan penjelasan pada dasar teori.

Frekuensi resonansi (F_s/F_{ms}) pada *loudspeaker woofer* memiliki hubungan berbanding terbalik dengan kualitas suara *output* frekuensi rendah *loudspeaker*. F_s adalah titik di mana berat bagian yang bergerak dari *loudspeaker* menjadi seimbang dengan gaya suspensi *loudspeaker* saat bergerak. F_s yang lebih rendah mengindikasikan *woofer* yang akan lebih baik untuk reproduksi frekuensi rendah daripada *woofer* dengan F_s yang lebih tinggi.

Hambatan *voice coil* (R_e) pada *loudspeaker double voice coil* memiliki hubungan berbanding terbalik dengan *power output* *loudspeaker woofer*. semakin kecil nilai R_e semakin tinggi *power* yang dihasilkan oleh *loudspeaker*. Pengukuran R_e dilakukan pada saat *loudspeaker* dalam kondisi diam (tidak bergetar) dan tidak dialiri listrik. Impedansi merupakan hambatan *loudspeaker* saat *loudspeaker* bekerja. Konsep dasarnya adalah induktansi *loudspeaker* meningkat dengan kenaikan frekuensi. Hal ini sesuai dengan persamaan 2.1 yang merupakan persamaan hukum ohm. Jika input *loudspeaker* berupa tegangan yang mendapat hambatan dari *voice coil*. Jika tegangan yang diberikan sama tetapi dengan hambatan yang semakin kecil maka arus listrik (I) yang melalui akan semakin besar.

Kualitas mekanik (Q_{ms}) pada *loudspeaker woofer* atau *subwoofer* semakin kecil nilai Q_{ms} semakin rendah frekuensi yang dapat dihasilkan *loudspeaker*. maka *loudspeaker woofer* harus memiliki Q_{ms} yang rendah. Hal ini karena Q_{ms} merupakan parameter hambatan mekanik pada *surround* dan *spider*. Jika suspensi *loudspeaker* tersebut gerakannya terhambat maka simpangan getarannya menjadi semakin kecil yang menyebabkan *loudspeaker* menghasilkan frekuensi tinggi. Jika dilihat dari persamaan 2.8

$$Q_{ms} = 2\pi \cdot F_s \left(\frac{M_{ms}}{R_{ms}} \right)$$

Q_{ms} sebanding dengan F_s dan M_{ms} . Karena dengan M_{ms} yang ringan akan mengurangi nilai hambatan mekanik. Hal ini membuat gerakan *cone/paper* akan lebih leluasa sehingga mudah

dalam menghasilkan frekuensi rendah yang memiliki simpangan (Z_{max}) besar. Pada persamaan ini Q_{ms} berbanding terbalik dengan Rms. Karena berhubungan dengan M_{ms} . Semakin besar M_{ms} akan membuat Rms semakin besar. Maka pada Q_{ms} membandingkan antara M_{ms} dengan Rms yang dihasilkan dari massa tersebut.

Kualitas elektrik (Q_{es}) merupakan nilai untuk menentukan kondisi *box loudspeaker*. Nilai Q_{es} yang tinggi menunjukkan bahwa *loudspeaker woofer* lebih sesuai dengan *enclosures* (*box* tertutup) sedangkan nilai rendah lebih sesuai dengan *bass reflex*. Sesuai persamaan 2.10

$$Q_{es} = \frac{2\pi \cdot F_s \cdot M_{ms} \cdot R_e}{(Bl)^2}$$

Q_{es} ini nilainya berbanding lurus dengan, M_{ms} dan R_e . sebab kedua parameter tersebut merupakan faktor penghambat elektrik dari *loudspeaker*. R_e sebagai penghambat elektrik secara langsung. Sedangkan M_{ms} dapat menghambat gerakan osilasi dari *voice coil* sehingga secara tidak langsung menahan gaya *Lorentz* yang dihasilkan *voice coil*. Q_{es} berbanding terbalik dengan Bl karena Kuat medan magnet akan mengurangi redaman yang dihasilkan oleh R_e dan M_{ms} .

Kualitas total (Q_{ts}) yang rendah akan menghasilkan suara yang ketat dan berfrekuensi tinggi, *loudspeaker* yang beratnya lebih ringan dan respons bass yang kurang. Sedangkan *loudspeaker* dengan Q_{ts} yang tinggi akan gerakan *cone* akan lebih lambat dan berat sehingga akan memberikan respons bass yang lebih bagus. Persamaan 2.7 bisa digunakan untuk menghitung matematis dari Q_{ts} .

$$Q_{ts} = \frac{Q_{ms} \cdot Q_{es}}{Q_{ms} + Q_{es}}$$

Hambatan mekanik *loudspeaker* (R_{ms}) merupakan nilai hambatan akibat dari jenis bahan, bentuk, sifat fisik dan kondisi dari *part*. Diukur dalam kg/s. Jika dari bentuk dan sifat fisik dari *part* tidak mendukung gerakan suspensi maka nilai R_{ms} akan

tinggi. Yang akhirnya F_s semakin tinggi juga sehingga kualitas suara akan menurun.

Massa *part loudspeaker* beserta beban akustik (M_{ms}). Pada *loudspeaker woofer* akan baik menghasilkan output frekuensi rendah jika M_{ms} nya juga rendah. Bisa dikatakan sebanding. Perbandingan M_{ms} dengan R_{ms} memiliki hubungan sebanding dengan Q_{ms}

.Fleksibilitas suspensi *loudspeaker* (C_{ms}) dalam kondisi bergerak. C_{ms} yang bernilai tinggi akan menghasilkan F_s yang lebih rendah sehingga kualitas suara output pada frekuensi rendah menjadi lebih baik.

Kuat medan magnet kali panjang kawat (Bl) yang merupakan faktor utama terbetuknya gaya Lorentz. Gaya ini lah yang menghasilkan interaksi tolak menolak atau tarik menarik oleh magnet dan *voice coil*. Semakin besar nilai Bl semakin besar *power* yang dihasilkan oleh *loudspeaker* sebab dengan Bl maka nilai X_{max} akan semakin besar pula. Sehingga nilai dari V_d ikut besar sebanding dengan kenaikan Bl .

SPL dalam kasus ini merupakan *power* dari *loudspeaker*. SPL yang tercantum dalam tabel *TS Parameter* merupakan *power* rata-rata dari semua frekuensi *output loudspeaker*.

Volume udara yang getarannya sama dengan getaran *cone/paper loudspeaker* (V_{as}). Dipengaruhi oleh S_d dan C_{ms} dengan hubungan sebanding. Semakin besar V_{as} maka *power* yang dihasilkan akan semakin besar pula. Sesuai dengan persamaan (2.12)

$$V_{as} = \rho \cdot c^2 \cdot S_d^2 \cdot C_{ms}$$

Induktansi *voice coil* (L_e) parameter ini merupakan parameter yang berhubungan dengan impedansi *loudspeaker*. Induktor yang dialiri arus dengan frekuensi yang semakin tinggi akan membuat impedansi induktor juga semakin tinggi. Dengan demikian *voice coil* pada frekuensi yang semakin tinggi akan berimpedansi semakin tinggi bahkan bisa lebih tinggi dari impedansi pada frekuensi resonansinya. Hal ini membuat

loudspeaker memburuk untuk merespon frekuensi yang semakin tinggi.

Berdasarkan **Tabel 4.1** bisa dilihat bahwa nilai-nilai tersebut merupakan parameter yang mempresentasikan karakter dari *loudspeaker*(A). **Tabel 4.1** menunjukkan perbandingan *TS Parameter* berdasarkan perbedaan hambatan *voice coil*.

F_{ms} merupakan frekuensi resonansi *loudspeaker* pada kasus ini. F_{ms} tidak terpengaruh perubahan nilai hambatan *voice coil*. Hal ini sesuai dengan persamaan 2.4 dimana F_s dipengaruhi dari segi mekanik *loudspeaker*, yaitu beban suspensi dan kesesuaian *part*.

R_e merupakan nilai hambatan *voice coil*. Nilai R_e pasti berubah sesuai dengan hukum *ohm* seperti persamaan 2.1. R_e paling tinggi pada rangkaian seri yaitu $7.2\ \text{ohm}$. Hasil ini merupakan penjumlahan dari 2 *voice coil* yang sama nilai hambatannya.

Nilai R_e tertinggi pada rangkaian seri ini sesuai prinsip dasar rangkaian resistansi listrik seperti persamaan (2.1). Pada nilai Q_{es} dan Q_{ts} yang rendah pada rangkaian *parallel* dan seri hal ini karena pada kondisi ini kualitas elektriknya stabil sebab aliran listrik yang mengalir dan kondisi mekanik *loudspeaker* pada keseimbangannya. Nilai L_e tertinggi pada rangkaian seri. Hal ini karena induktansi yang dihasilkan oleh *voice coil* paling tinggi akibat dari kawat yang dilalui oleh arus listrik lebih panjang dan R_e nya tinggi akibatnya induktansi akan meningkat.

4.1.6 Analisis *TS Parameter* berdasarkan kuat medan magnet

Pada Analisis *TS Parameter* berdasarkan kuat medan magnet mendapatkan hasil sesuai **Tabel 4.2**. Terdapat parameter yang berubah akibat dari perubahan kuat medan magnet. Dan ada juga parameter yang tidak terpengaruh. Berikut ini merupakan tabel hasil pengukuran *TS Parameter* berdasarkan kuat medan magnet. Hasil tersebut ditampilkan dalam **Tabel 4.2**

Tabel 4. 2 Hasil pengukruan *TS Parameter* berdasarkan kuat medan magnet

No.	Parameter	<i>loudspeaker</i> (A) dan <i>loudspeaker</i> (B)			
		Single (A)	Single (B)	Seri (A)	Seri (B)
1	Fms (Hz)	36,20	35,20	36,10	35,20
2	Re (Ω)	3,60	3,60	7,20	7,20
3	Qms	6,65	5,55	6,70	5,70
4	Qes	1,37	0,83	0,69	0,44
5	Qts	1,13	0,72	0,63	0,41
6	Rms (kg/s)	2,20	2,80	2,10	2,60
7	Cms (mm/N)	0,31	0,29	0,31	0,31
8	Mms (gr)	63,10	70,70	63,50	66,20
9	Bl (N/A)	6,20	8,20	12,20	15,40
10	SPL(dB)	84,60	86,10	87,50	89,20
11	VAS (L)	54,50	51,30	54,50	55,10
12	Le (mH)	0,49	0,52	1,96	1,99
13	Sd (cm ²)	356,30	356,30	356,30	356,30

Mengacu pada **Tabel 4.2** bahwa nilai dari beberapa parameter ada yang sama dan ada yang berbeda. Pada nilai parameter yang berubah berarti ada pengaruh yang disebabkan perbedaan kuat medan magnet. Nilai Fms rendah pada kuat medan magnet yang lebih besar. Jadi kuat medan magnet *loudspeaker* mempengaruhi nilai dari Fms dari suatu *loudspeaker*. Berarti semakin kuat medan magnet akan membuat Fms semakin kecil dan menghasilkan suara dengan frekuensi lebih rendah dibandingkan dengan *loudspeaker* yang kecil. Nilai VAS paling tinggi pada ukuran *loudspeaker* 12 inci. Hal ini karena pada *loudspeaker* yang lebih besar memiliki cakupan untuk menggerakkan udara di depan *conepaper*. Kondisi ini dibuktikan

dengan nilai S_d (diameter *conepaper*) yang lebih besar pula. Q_{es} dan Q_{ts} memiliki nilai yang menurun berbanding terbalik dengan kuat medan magnet. Karena redaman dari elektriknya semakin berkurang juga akibat dari gaya *lorentz* yang dihasilkan untuk melawan redaman tersebut juga semakin besar.

4.1.7 Analisis *TS Parameter* berdasarkan ukuran diameter *loudspeaker*

Pada Analisis *TS Parameter* berdasarkan kuat medan magnet mendapatkan hasil sesuai **Tabel 4.3**. Terdapat parameter yang berubah akibat dari perubahan ukuran diameter *loudspeaker*. Dan ada juga parameter yang tidak terpengaruh.

Tabel 4. 3 Hasil pengukuran *TS Parameter* 10 inci LG-1096-2 Single :3,6 Ω dan 12 inci LG-1296-2 Single :2,9 Ω

No.	Parameter	<i>loudspeaker</i> (B) dan <i>loudspeaker</i> (D)			
		Single	Single	Seri	Seri
1	Fms (Hz)	35,20	33,10	35,20	33,00
2	Re (Ω)	3,60	2,90	7,20	5,80
3	Qms	5,55	5,94	5,70	6,22
4	Qes	0,83	0,86	0,44	0,47
5	Qts	0,72	0,75	0,41	0,44
6	Rms (kg/s)	2,80	3,00	2,60	2,80
7	Cms (mm/N)	0,29	0,27	0,31	0,27
8	Mms (gr)	70,70	86,20	66,20	84,80
9	Bl (N/A)	8,20	7,80	15,40	14,70
10	SPL(dB)	86,10	88,00	89,20	90,70
11	VAS (L)	51,30	99,60	55,10	101,70
12	Le (mH)	0,52	0,49	1,99	1,88
13	S_d (cm ²)	356,30	514,70	356,30	514,70

Berdasarkan **Tabel 4.3** bisa dilihat bahwa nilai dari beberapa parameter ada yang sama dan ada yang berbeda. Pada nilai yang sama berarti menunjukkan parameter tersebut tidak mengalami perubahan atau mendapat pengaruh dari perubahan ukuran diameter *loudspeaker*. Perbedaan pertama pada nilai F_{ms} (Frekuensi resonansi). Nilai F_{ms} rendah pada ukuran speaker yang besar yaitu 12 inci. Jadi ukuran speaker mempengaruhi nilai dari F_{ms} dari suatu speaker. Hal ini karena semakin besar ukuran diameter *driver* akan membuat F_{ms} semakin kecil dan menghasilkan suara dengan frekuensi lebih rendah dibandingkan dengan *loudspeaker* diameternya lebih kecil. Karena dengan semakin besar ukuran diameter *loudspeaker*, simpangan getarnya (X_{max} akan lebih besar pula). Nilai V_{AS} paling tinggi pada ukuran speaker 12 inci. Hal ini karena pada speaker yang lebih besar memiliki cakupan untuk menggerakkan udara di depan *cone paper*. Kondisi ini dibuktikan dengan nilai S_d (diameter *cone paper*) yang lebih besar pula. Nilai M_{ms} mengalami kenaikan bersamaan dengan semakin besarnya diameter *loudspeaker*. karena ukuran besar berarti bahan yang digunakan semakin banyak dan semakin berat juga.

4.2 Pembahasan

Pada penelitian ini melakukan pengukuran frekuensi respon, impedansi dan *TS Parameter*. Dari semua data yang didapatkan akan dirangkum dalam pembahasan ini. Dari data **Gambar 4.2** dapat dijelaskan bahwa perubahan sudut dengar mikrofon mempengaruhi *power loudspeaker*. Pada variasi ini untuk frekuensi rendah (20 Hz hingga 1000 Hz) disebarkan kesegala arah (*omnidireksional*). Sedangkan untuk frekuensi tingginya (lebih dari 1000 Hz) disebarkan secara *unidireksional* (satu arah) hanya ke arah depan *loudspeaker* saja. Jadi, *loudspeaker* tersebut sudah sesuai sebagai *loudspeaker woofer*.

Pada variasi nilai hambatan *voice coil* dapat dihubungkan antara semua parameter. Mulai dari frekuensi respon, impedansi dan *TS Parameter*. Frekuensi respon dipengaruhi oleh impedansi dan *TS Parameter*. Yang mempengaruhi kualitas suara *output*

loudspeaker adalah parameter Fms (Fs), Qms , Qes dan Qts dengan hubungan semakin rendah semakin baik. Parameter Sd dengan hubungan semakin tinggi semakin baik. Parameter Le dengan ketentuan induktansi pada area idealnya. Sedangkan, pada *power output loudspeaker* dipengaruhi oleh parameter Re dengan hubungan semakin rendah nilainya semakin baik. Parameter Bl , Sd dan VAS dengan hubungan semakin tinggi nilainya semakin baik.

Dalam membuat *loudspeaker woofer* dengan kualitas suara *output* yang baik dan *power* yang besar berarti, perlu memperhatikan parameter-parameter tersebut. Untuk mengatur nilai dari parameter tersebut bisa dengan memperbesar ukuran diameter *loudspeaker* untuk menurunkan frekuensi resonansi dan menaikkan *power*. Menggunakan *surround* dan *spider* yang lebih elastis untuk menurunkan frekuensi resonansi. Menggunakan magnet dengan *gauss* yang lebih besar untuk menurunkan frekuensi resonansi dan menaikkan *power*. Menggunakan *conepaper* yang lebih kaku untuk menurunkan frekuensi resonansi. Menggunakan kawat *voice coil* yang memiliki hambatan yang rendah untuk Menaikkan *power*. Menggunakan rangkaian *voice coil* paralel menaikkan Menaikkan *power*. Dengan menggunakan parameter-parameter tersebut akan mempermudah dalam pembuatan sampel *loudspeaker*. Maksudnya dalam pembuatan *loudspeaker* tidak coba coba saat pemilihan *part*.

Suara yang dihasilkan oleh *loudspeaker* dipengaruhi dari semua komponen penyusunnya. Seperti dari *conepaper*, *spider*, *surround*, magnet dan *voice coil*. pengaruhnya bisa dari bentuk, bahan bakunya dan sifat fisis yang dimilikinya. Selain dari faktor dari *loudspeaker box loudspeaker* juga mempengaruhi dari suara dan *power*. Karena pada *box loudspeaker* dapat berperan sebagai suspensi pendukung untuk membantu kerja dari suspensi (*spider* dan *surround*). Jika dilihat dari parameter yang terpengaruh adalah *suspensi* berarti *box* berperan untuk memaksimalkan

Secara matematis volume *box* yang ideal dari setiap loudspeaker berbeda-beda. Pada *TS Parameter* terdapat parameter VAS, ini merupakan volume udara yang dapat mempengaruhi kerja loudspeaker. VAS bisa digunakan sebagai dasar acuan untuk menentukan volume *box loudspeaker* yang dibutuhkan. VAS merupakan masih perkiraan awal, untuk lebih jelasnya ada perhitungan sendiri untuk menentukan box tersebut menggunakan lubang udara atau tidak. Jika memerlukan lubang perlu diameter berapa juga perlu dihitung.

Re adalah hambatan saat loudspeaker tidak bekerja. Hambatan ini merupakan hambatan murni dari kawat *voice coil*. Tanpa ada faktor lain yg mempengaruhinya. Sedangkan impedansi adalah hambatan pada saat *loudspeaker* bekerja. Pada kondisi ini ada banyak faktor yang mempengaruhi besarnya impedansi. Dari kawat *voice coil*, medan magnet, kesesuaian suspensi (*spider* dan *surround*), dan massa dari beban akustiknya. Umumnya *loudspeaker* akan mengasikkan suara dengan kualitas baik setelah impedansi puncaknya dan akan menurun kualitasnya lagi saat impedansi mulai meningkat.

Dari variasi perangkaian terminal secara *single*, seri dan paralel. Memiliki kelebihan masing-masing. Pada rangkaian *single* hambatan yang terbaca adalah hambatan *voice coil*. Pada rangkaian terminal seri dapat memberikan pengaruh pada medan magnet yang tinggi namun hambatan *voice coil* juga ikut naik. Jika diperlukan power yang tinggi membutuhkan daya yang besar. Pada rangkaian paralel dapat menurunkan hambatan *voice coil*. Namun, untuk medan magnet yang dihasilkan dari rangkaian paralel ini tidak mengalami penurunan. Artinya dengan daya yang lebih rendah akan menghasilkan power yang tinggi. Rangkaian terminal yang efisien adalah rangkaian paralel. Karena dengan daya yang rendah bisa hasilkan power yang tinggi.

Pemberian variasi medan magnet untuk mengetahui pengaruh dari medan magnet dari kualitas dan power loudspeaker. Dari penelitian didapatkan bahwa penambahan magnet dengan kenaikan 25 % lebih besar medan magnetnya

dapat menambahkan *power* sebesar 3 dB. Jika penambahan di bawah 10 % tidak memberikan pengaruh pada *power*. Untuk pengaruh pada kualitas tidak terlihat. Pada penambahan 25% hanya menurunkan frekuensi resonansi 1 Hz

X_{max} akan mempengaruhi dari *power* yang dihasilkan loudspeaker. semakin tinggi X_{max} maka udara yang dapat dimampatkan atau diregangkan *conepaper* akan lebih besar volumenya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan Karakterisasi *loudspeaker* yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada *loudspeaker woofer* dengan frekuensi kurang dari 1000 Hz memiliki keterarahan *unidireksional*. Sedangkan untuk frekuensi lebih dari 1000 Hz keterarahannya *omnidireksional*.
2. Hambatan *voice coil loudspeaker double voice coil* dengan dirangkai seri (pengurangan 50 % dari hambatan *single*) menaikkan *power* sebesar 4 dB. Perangkaian paralel (penggandaan hambatan menjadi 200%) dapat menurunkan *power* sebesar 3 dB. Sedangkan untuk kualitas tidak terpengaruhi.
3. Perbedaan ukuran diameter *loudspeaker* dari 10 inci menjadi 12 inci dapat menaikkan *power* sebesar 5 dB dan menghasilkan frekuensi resonansi dari 33 Hz menjadi 29 Hz. Sehingga semakin baik untuk menghasilkan suara bass.
4. Penambahan kuat medan magnet sebesar 25 % dapat meningkatkan *power* sebesar 3 dB dan menurunkan frekuensi resonansi dengan *delta* 1 Hz. Sedangkan untuk penambahan magnet 2 % tidak mempengaruhi parameter apapun.

5.2 Saran

Saran dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. *Loudspeaker* yang diuji tersebut bisa digunakan sesuai karakternya yaitu sebagai *loudspeaker woofer*.
2. Dalam sistem pengeras suara, *loudspeaker* Legacy LG-1095-2, Legacy LG-1096-2, Legacy LG-1295-2 dan Legacy LG-1296-2 perlu dipasang *cross over* (filter frekuensi) supaya suara yang keluar hanya pada frekuensi rendah.

3. Rangkaian terminal paralel dianjurkan jika memerlukan *power loudspeaker* yang tinggi.
4. Penelitian *loudspeaker* perlu waktu yang lebih lama guna lebih memahami permasalahan-permasalahan pada *loudspeaker*
5. Peningkatan kualitas *loudspeaker woofer* bisa dengan mengganti *surround* dan spider yang lebih lentur, memperbesar diameter *loudspeaker*, menggunakan kawat dengan resistansi rendah dan menaikkan kuat medan magnet
6. Karakterisasi *loudspeaker compression* belum pernah ada yang melakukan penelitian. Mengharapkan pembaca ada yang meneruskan dalam hal tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Adm Engineering.1999.*Digital Audio Analysis System*. Nordhorn Germany: adm engineering
- Alexander, Charles K.2009.*Fundamentals of Electric Circuits*.New York:McGraw-Hill Companies
- Ballou Glen.2009.*Electroacoustic Devices: Microphones and Loudspeakers*.Burlington:Elsevier
- Beranek. Leo L.1959.*Acoustics*.New York: Acoustical Society of America through the America Institute of Physics
- Blastica.2015.*Parameter Thiele Small sebuah Loudspeaker*.<https://blastica.wordpress.com/2015/02/21/parameter-thiele-small-sebuah-loudspeaker/>. Diakses 2 maret 2017 pukul 10.31 WIB
- Bloogystyle.blogspot.co.id.<http://bloogystyle.blogspot.co.id/2014/09/prinsipcara-kerja-speaker.html>. Diakses pukul 15.43 WIB tanggal 19 Juni 2017
- Dickason Vance.2006.*The Loudspeaker Design Cookbook 7th Edition*.Peterborough,USA:Audio Amateur Press
- Eminence.-.*understand loudspeaker data*.
<https://www.eminence.com/support/understanding-loudspeaker-data/>. Diakses 11 Juni 2017 pukul 13.15 WIB
- Feng-Min Lai dan Che-Wei Tu.2016. *Optimizing the manufacturing parameters of carbon nanotubes stiffened speaker diaphragm using Taguchi method*. Changhua , Taiwan: Da-Yeh University
- Jorg Rehder, dkk.2001.*Magnetic fluc generator for balanced membrane loudspeaker*. Lyngby,Denmark:Technical University of Denmark.
- IAVT.2014. *IAVT 2014*.Liege Belgium. Montefiore Institut

Muhamadsaputra13.blogspot.co.id.2012.<http://muhamadsaputra13.blogspot.co.id/2012/08/komponen-komponen-loudspeaker.html>. Diakses pukul 14.31 WIB tanggal 19 Juni 2017

Paul A, Tipler.1998.*Fisika Untuk Sains dan Teknik*. Jakarta:Erlangga

Practical-home-theater-guide.com.<http://www.practical-home-theater-guide.com/speaker-specifications.html>. Diakses pukul 14.45 WIB tanggal 19 Juni 2017

Stockarch.com.<https://stockarch.com/images/technology/audiovisual/woofer-speaker-2439>. Diakses pukul 15.03 WIB tanggal 19 Juni 2017

Teknik Elektronika.com.2017.*Pengertian Speaker dan Prinsip Kerjanya*. <http://teknikelektronika.com/fungsi-pengertian-speaker-prinsip-kerja-speaker/>. Diakses 2 maret 2017 pukul 2.25 WIB

Wikipedia.2017.Thiele Small Parameter. https://en.wikipedia.org/wiki/Thiele/Small_parameters. Diakses pukul 19.43 WIB tanggal 15 April 2017

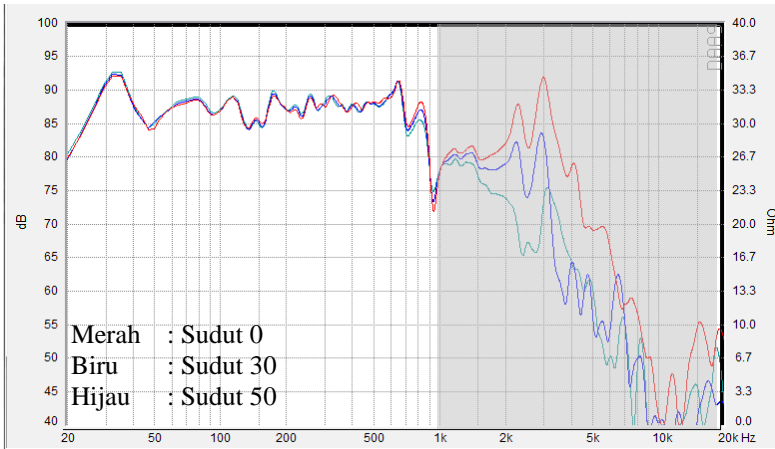
Yolanda.2015.*Sejarah Loudspeaker*.<https://www.audioengine.co.id/sejarah-loudspeaker/>. Diakses 9 November 2016 pukul 09.06 WIB

LAMPIRAN

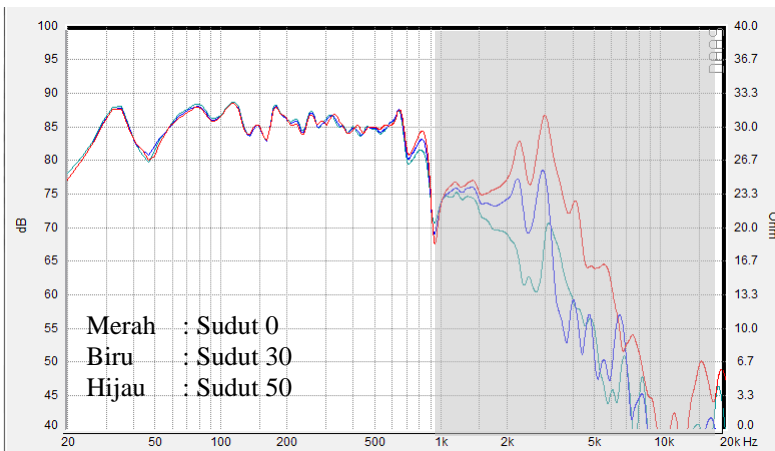
LAMPIRAN 1

DATA PENGUKURAN FREKUENSI RESPON

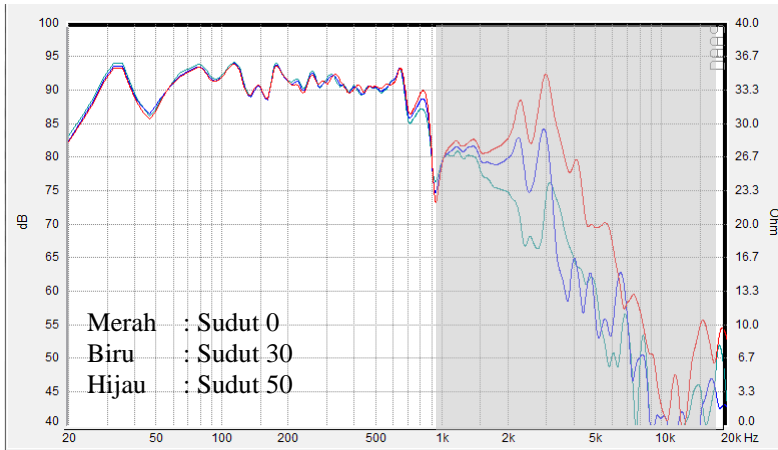
Berdasarkan Perbedaan Sudut Dengar



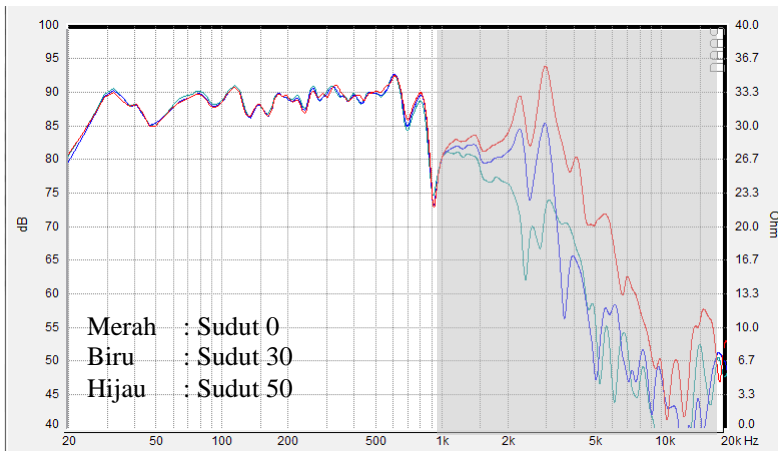
Gambar L1. 1 Grafik frekuensi respon beda sudut dengar pada *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1095-2 rangkaian terminal single



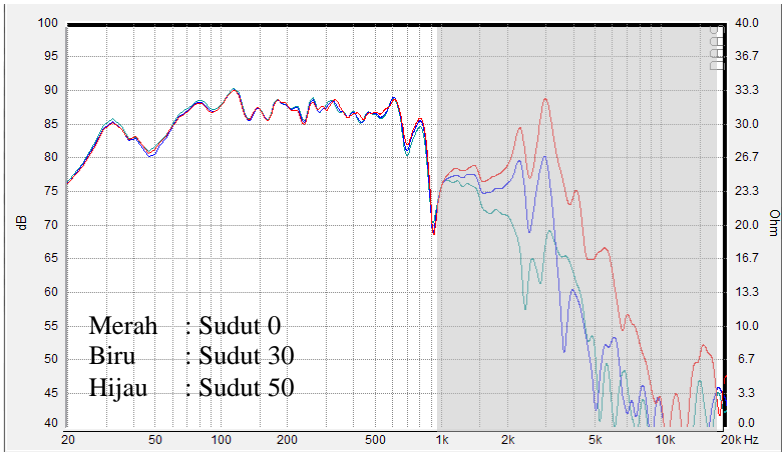
Gambar L1. 2 Grafik frekuensi respon beda sudut dengar pada *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1095-2 rangkaian terminal seri



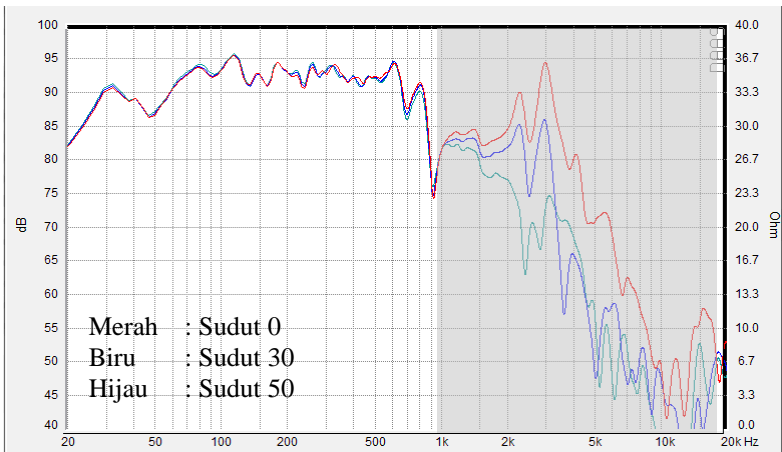
Gambar L1. 3 Grafik frekuensi respon beda sudut dengar pada *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1095-2 rangkaian terminal paralel



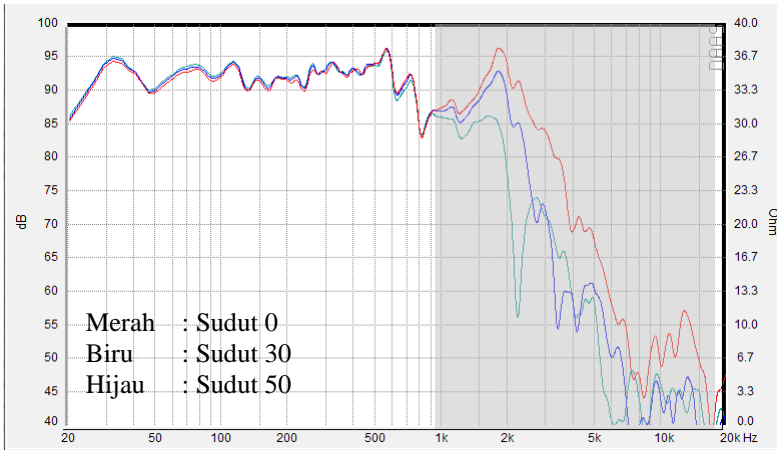
Gambar L1. 4 Grafik frekuensi respon beda sudut dengar pada *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1096-2 rangkaian terminal single



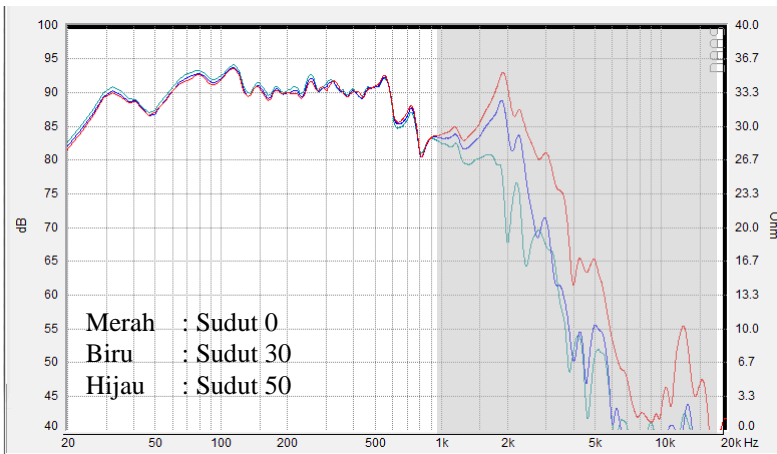
Gambar L1. 5 Grafik frekuensi respon beda sudut dengar pada *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1096-2 rangkaian terminal seri



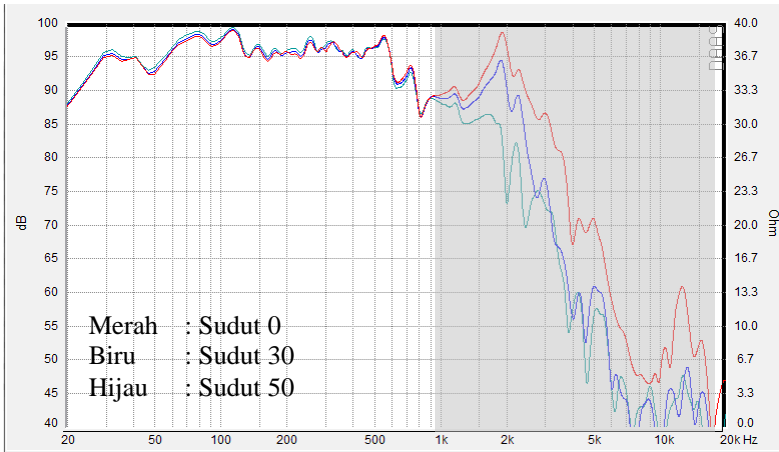
Gambar L1. 6 Grafik frekuensi respon beda sudut dengar pada *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1096-2 rangkaian terminal paralel



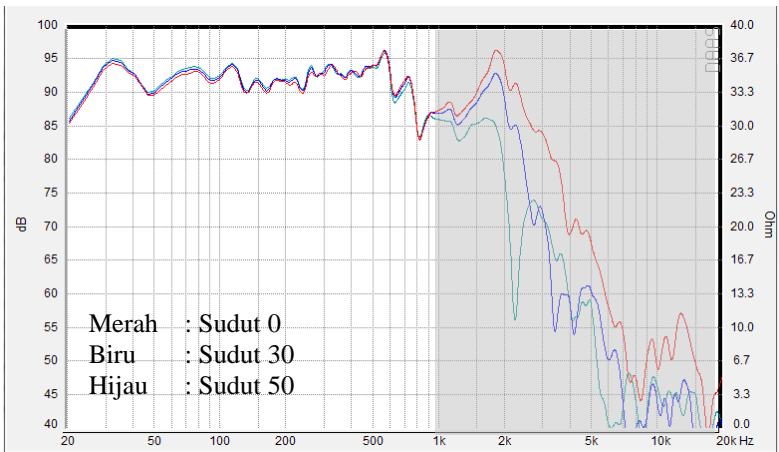
Gambar L1. 7 Grafik frekuensi respon beda sudut dengar pada *loudspeaker* Legacy 12 inci LG-1295-2 rangkaian terminal single



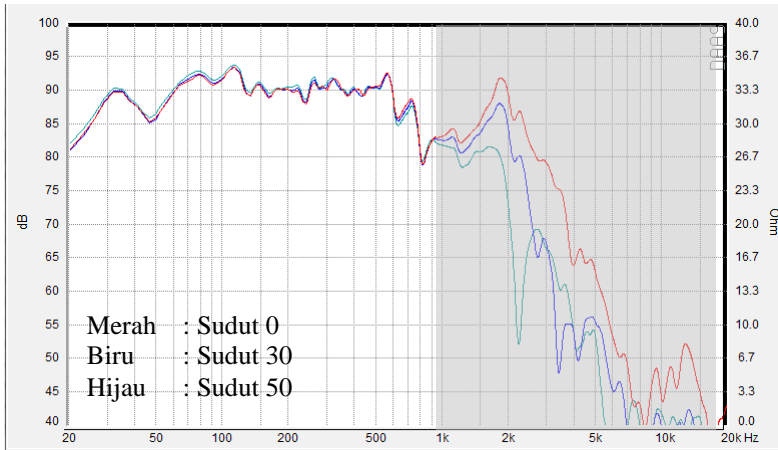
Gambar L1. 8 Grafik frekuensi respon beda sudut dengar pada *loudspeaker* Legacy 12 inci LG-1295-2 rangkaian terminal seri



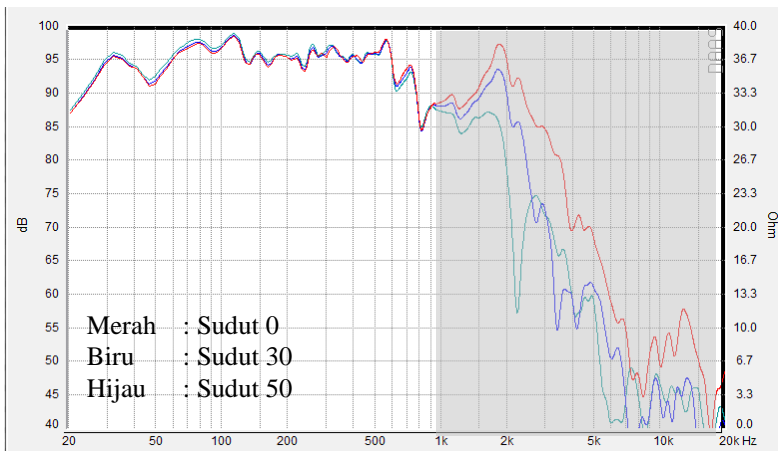
Gambar L1. 9 Grafik frekuensi respon beda sudut dengar pada *loudspeaker* Legacy 12 inci LG-1295-2 rangkaian terminal paralel



Gambar L1. 10 Grafik frekuensi respon beda sudut dengar pada *loudspeaker* Legacy 12 inci LG-1296-2 rangkaian terminal single



Gambar L1. 11 Grafik frekuensi respon beda sudut dengar pada *loudspeaker* Legacy 12 inci LG-1296-2 rangkaian terminal seri

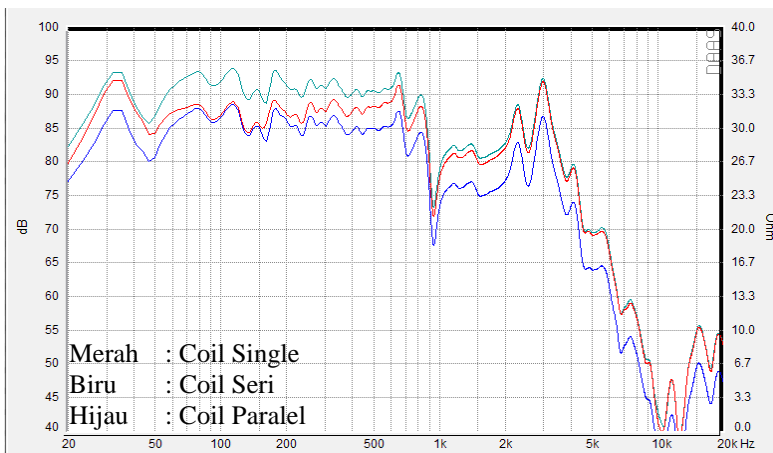


Gambar L1. 12 Grafik frekuensi respon beda sudut dengar pada *loudspeaker* Legacy 12 inci LG-1296-2 rangkaian terminal paralel

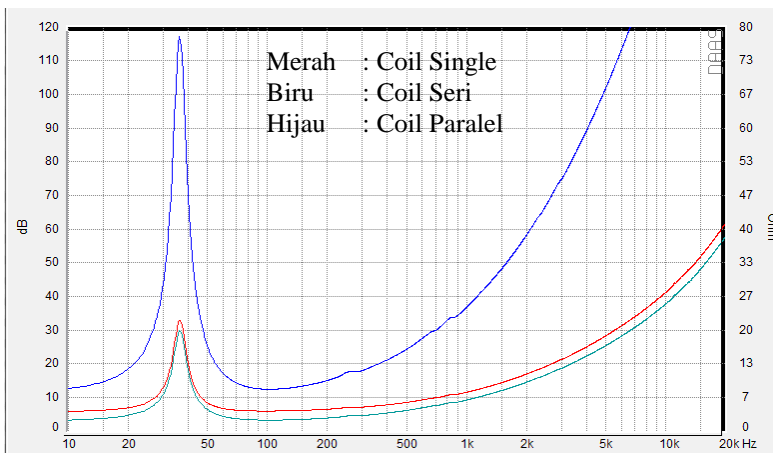
LAMPIRAN 2

DATA PENGUKURAN FREKUENSI RESPON DAN IMPEDANSI

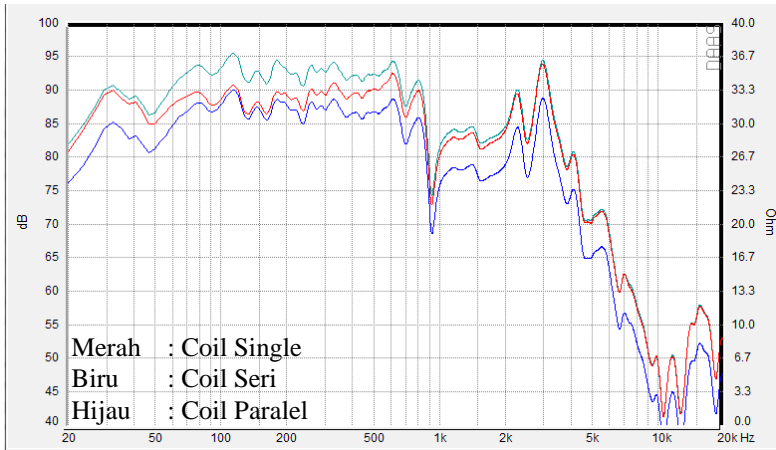
Berasarkan Nilai Hambatan *Voice Coil* (Re)



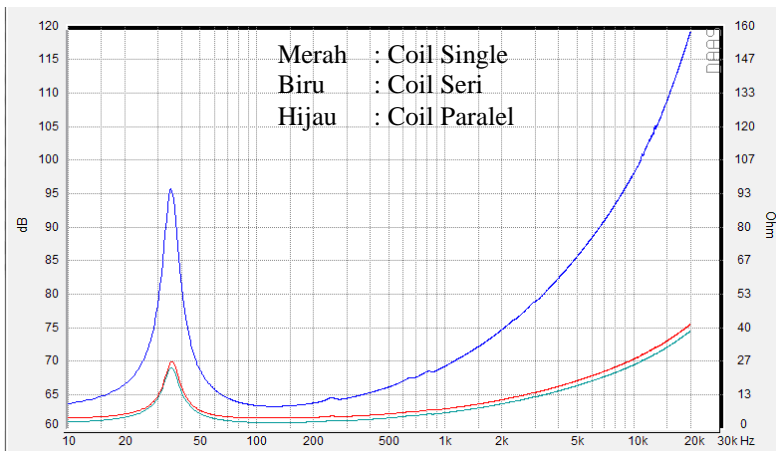
Gambar L2. 1 Grafik frekuensi respon beda hambatan *voice coil* pada *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1095-2



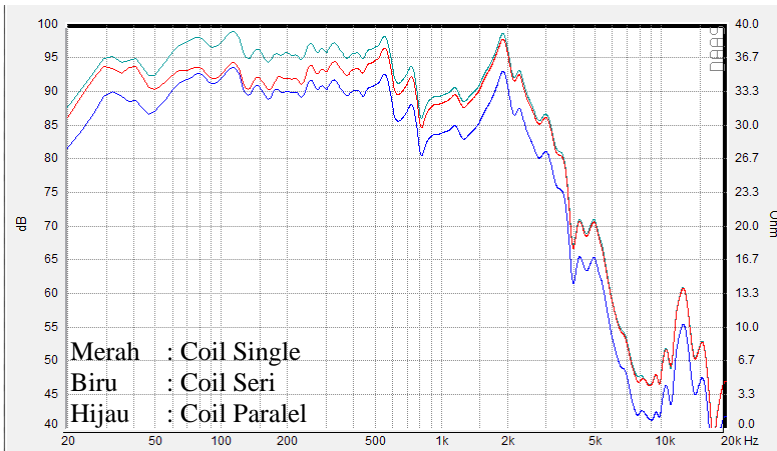
Gambar L2. 2 Grafik impedansi beda hambatan *voice coil* pada *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1095-2



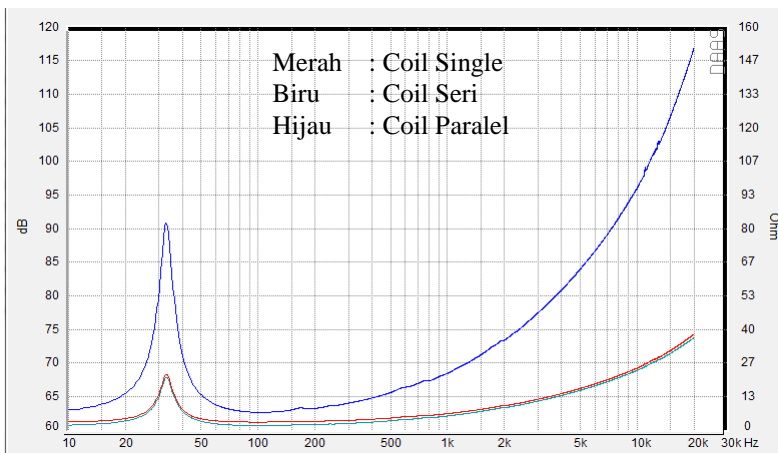
Gambar L2. 3 Grafik frekuensi respon beda hambatan *voice coil* pada *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1096-2



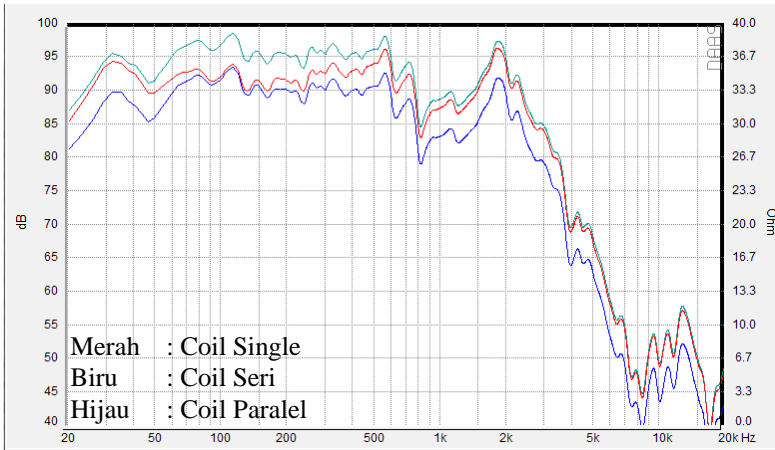
Gambar L2. 4 Grafik impedansi beda hambatan *voice coil* pada *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1096-2



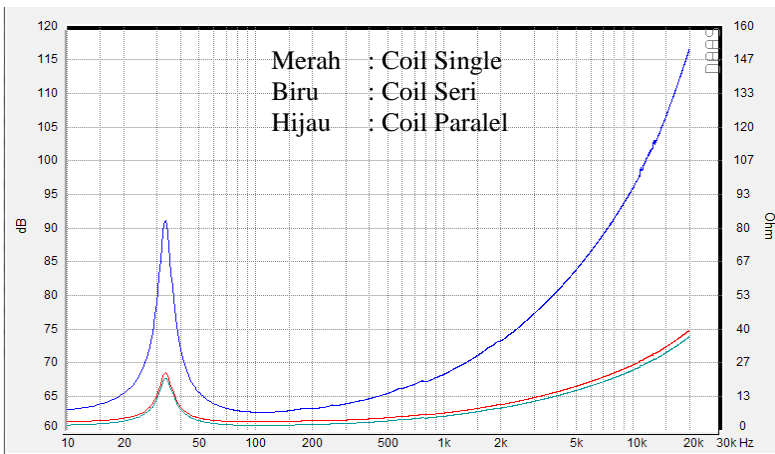
Gambar L2. 5 Grafik frekuensi respon beda hambatan *voice coil* pada *loudspeaker* Legacy 12 inci LG-1295-2



Gambar L2. 6 Grafik impedansi beda hambatan *voice coil* pada *loudspeaker* Legacy 12 inci LG-1295-2



Gambar L2. 7 Grafik frekuensi respon beda hambatan *voice coil* pada *loudspeaker* Legacy 12 inci LG-1296-2

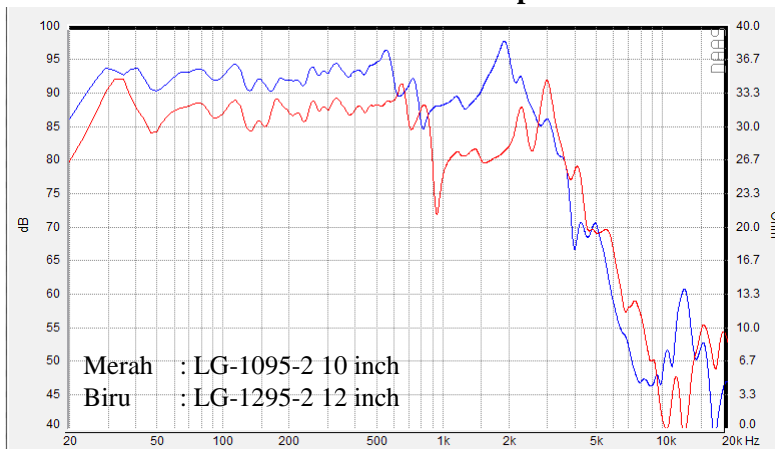


Gambar L2. 8 Grafik impedansi beda hambatan *voice coil* pada *loudspeaker* Legacy 12 inci LG-1296-2

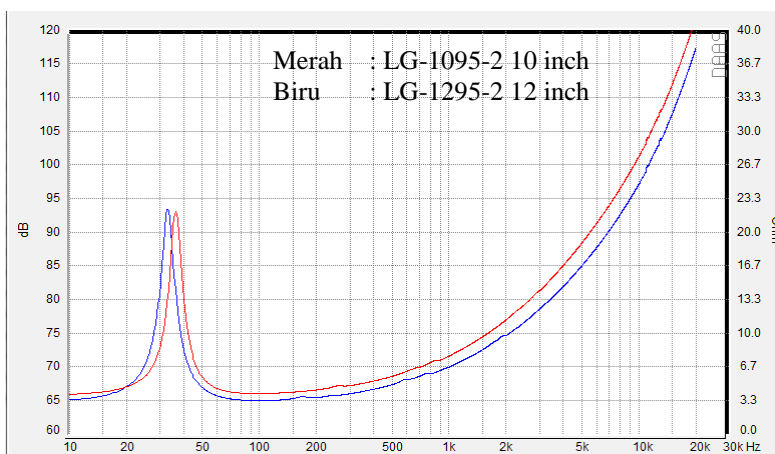
LAMPIRAN 3

DATA PENGUKURAN FREKUENSI RESPON DAN IMPEDANSI

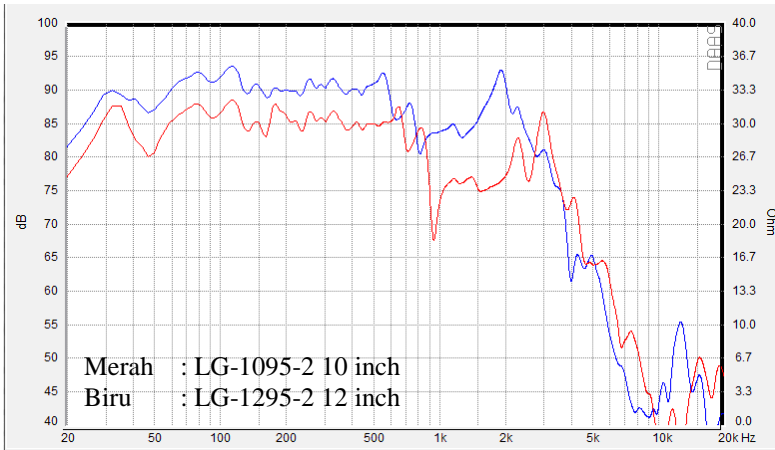
Berasarkan Ukuran Loudspeaker



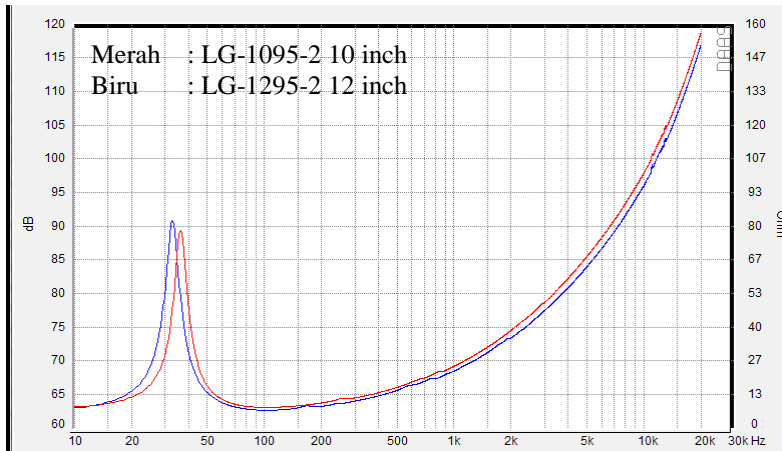
Gambar L3. 1 Grafik frekuensi respon beda ukuran *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1095-2 dengan Legacy 12 inci LG-1295-2 rangkaian terminal single



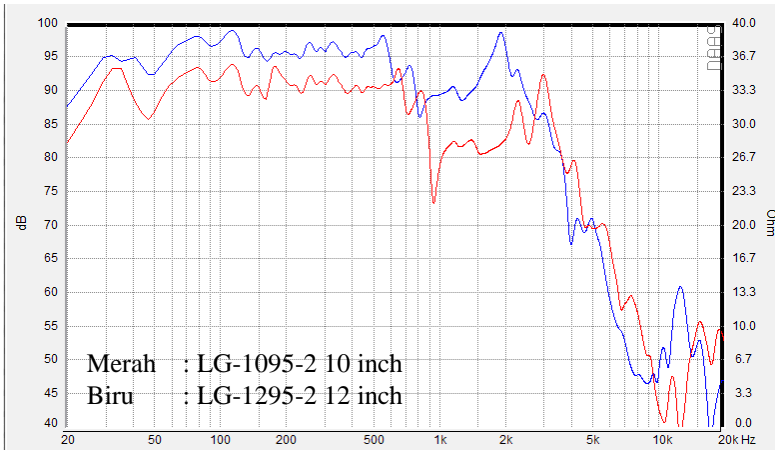
Gambar L3. 2 Grafik impedansi beda ukuran *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1095-2 dengan Legacy 12 inci LG-1295-2 rangkaian terminal single



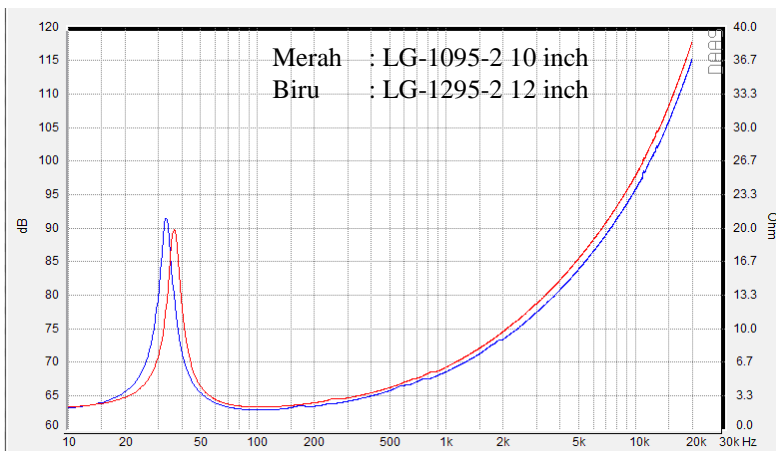
Gambar L3. 3 Grafik frekuensi respon beda ukuran *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1095-2 dengan Legacy 12 inci LG-1295-2 rangkaian terminal seri



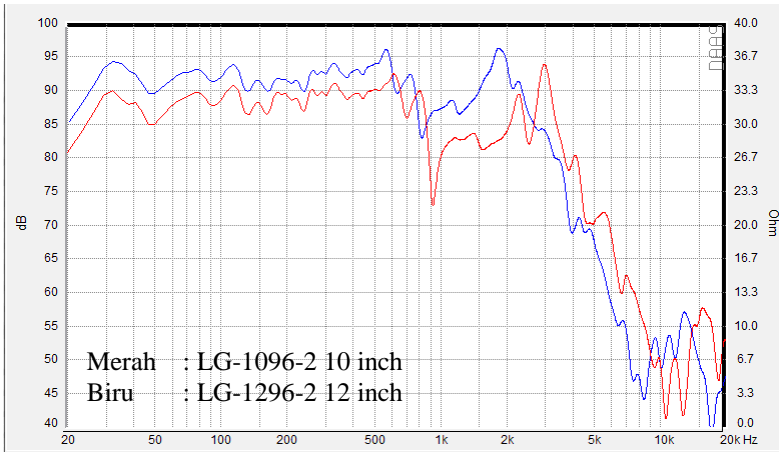
Gambar L3. 4 Grafik impedansi beda ukuran *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1095-2 dengan Legacy 12 inci LG-1295-2 rangkaian terminal seri



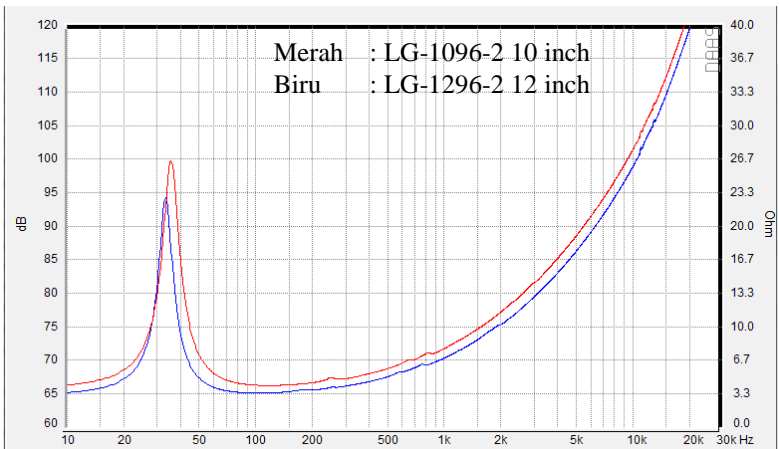
Gambar L3. 5 Grafik frekuensi respon beda ukuran *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1095-2 dengan Legacy 12 inci LG-1295-2 rangkaian terminal paralel



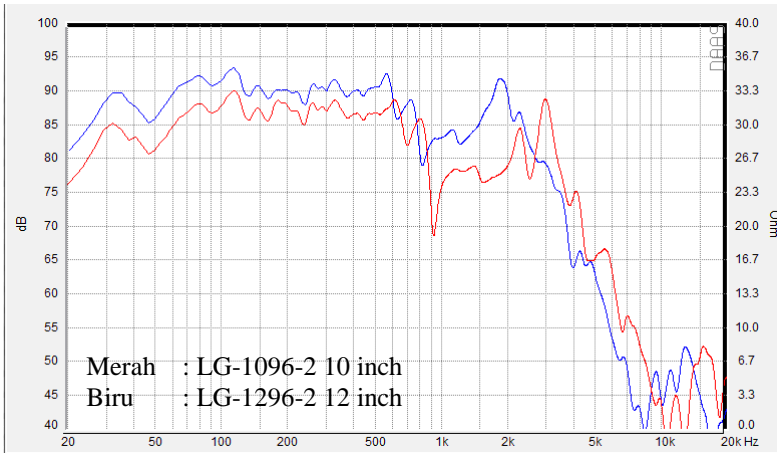
Gambar L3. 6 Grafik impedansi beda ukuran *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1095-2 dengan Legacy 12 inci LG-1295-2 rangkaian terminal paralel



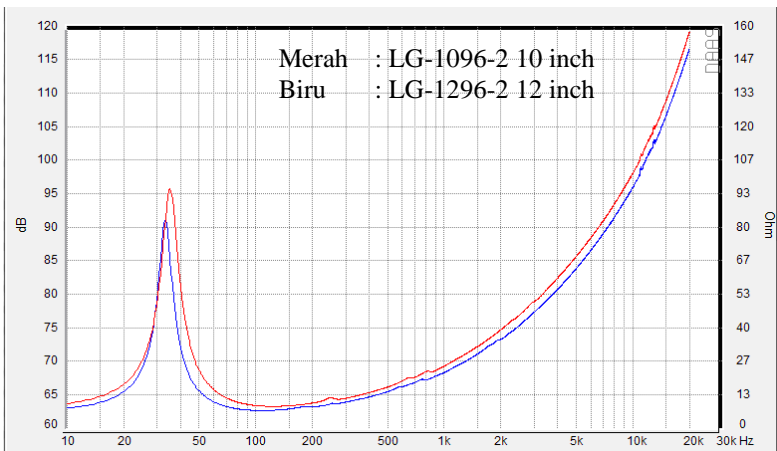
Gambar L3. 7 Grafik frekuensi respon beda ukuran *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1096-2 dengan Legacy 12 inci LG-1296-2 rangkaian terminal single



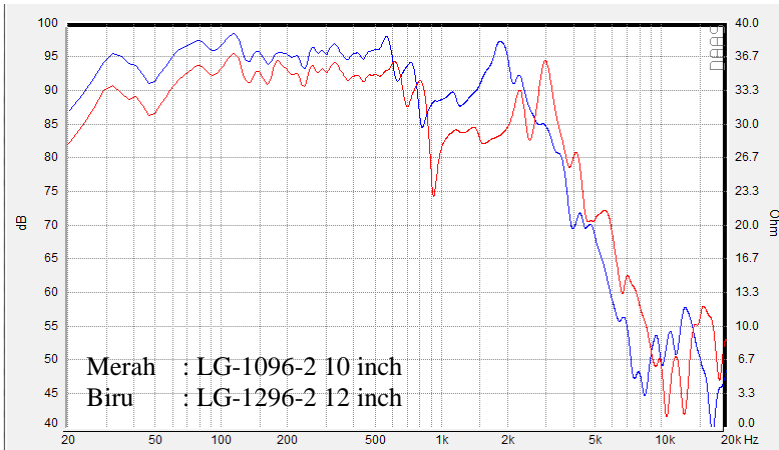
Gambar L3. 8 Grafik impedansi beda ukuran *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1096-2 dengan Legacy 12 inci LG-1296-2 rangkaian terminal single



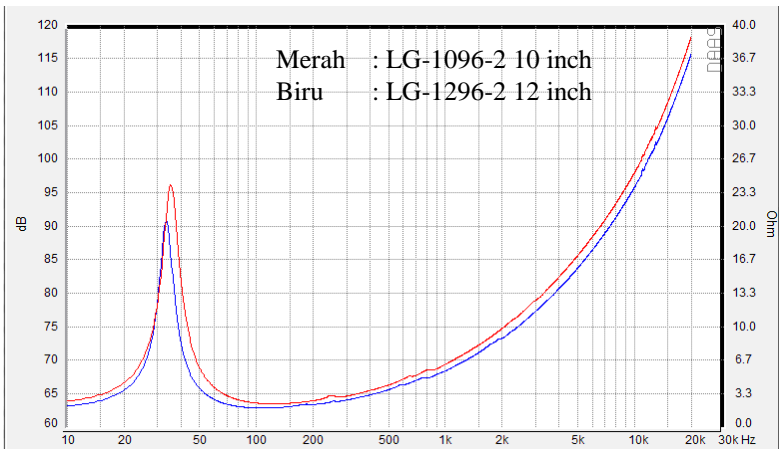
Gambar L3. 9 Grafik frekuensi respon beda ukuran *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1096-2 dengan Legacy 12 inci LG-1296-2 rangkaian terminal seri



Gambar L3. 10 Grafik impedansi beda ukuran *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1096-2 dengan Legacy 12 inci LG-1296-2 rangkaian terminal seri



Gambar L3. 11 Grafik frekuensi respon beda ukuran *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1096-2 dengan Legacy 12 inci LG-1296-2 rangkaian terminal paralel

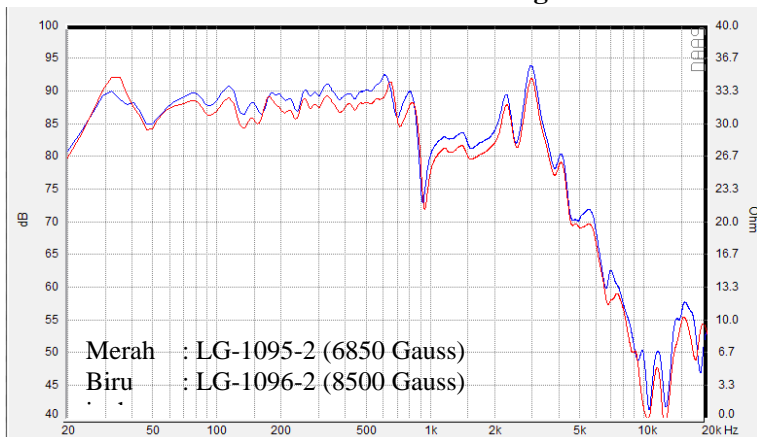


Gambar L3. 12 Grafik impedansi beda ukuran *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1096-2 dengan Legacy 12 inci LG-1296-2 rangkaian terminal paralel

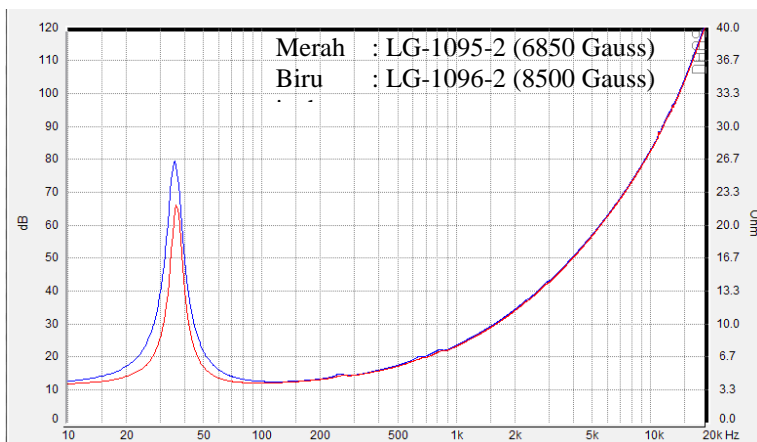
LAMPIRAN 4

DATA PENGUKURAN FREKUENSI RESPON DAN IMPEDANSI

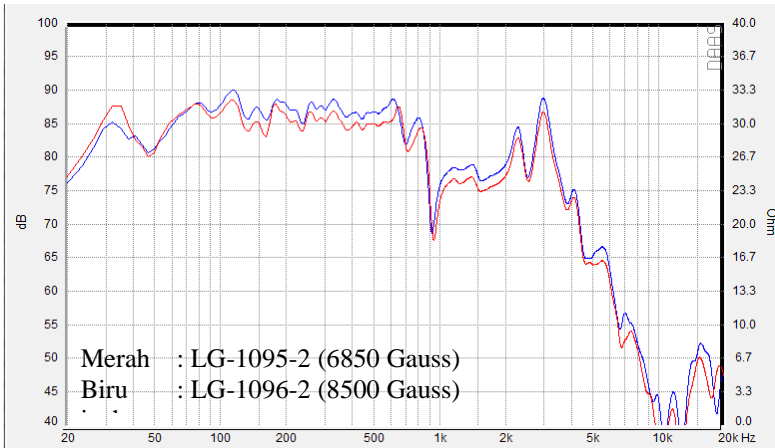
Berasarkan Nilai Medan magnet



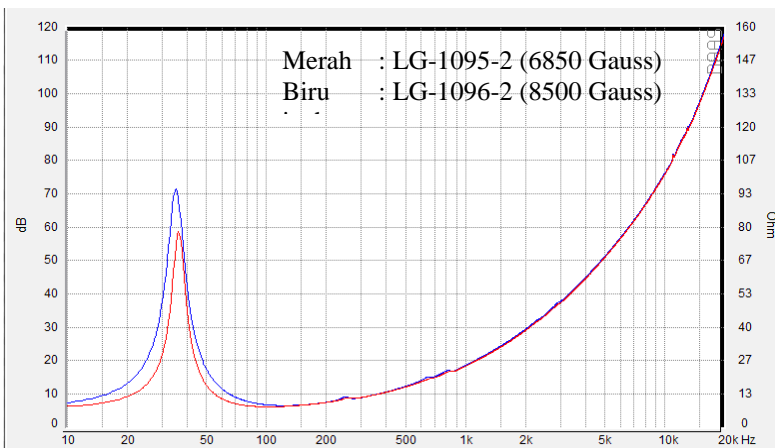
Gambar L4. 1 Grafik frekuensi respon beda magnet permanen pada *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1095-2 dengan Legacy 10 inci LG-1096-2 rangkaian terminal single



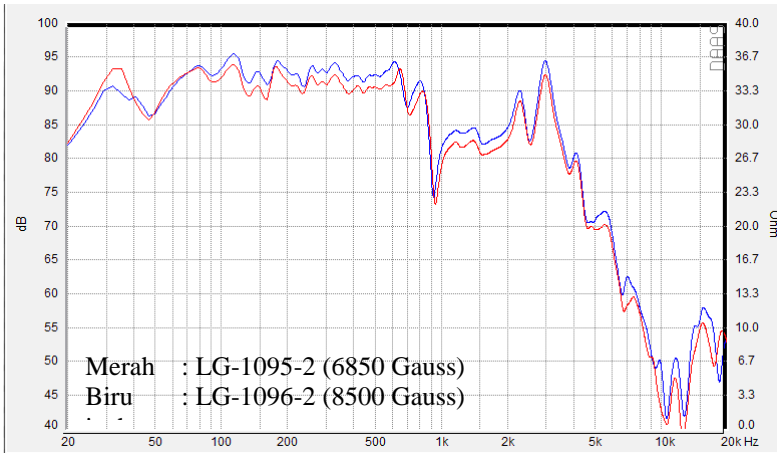
Gambar L4. 2 Grafik impedansi beda magnet permanen pada *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1095-2 dengan Legacy 10 inci LG-1096-2 rangkaian terminal single



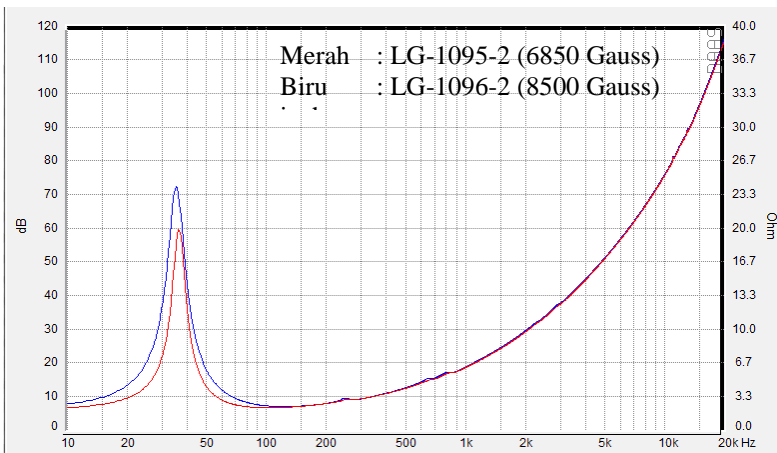
Gambar L4. 3 Grafik frekuensi respon beda magnet permanen pada *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1095-2 dengan Legacy 10 inci LG-1096-2 rangkaian terminal seri



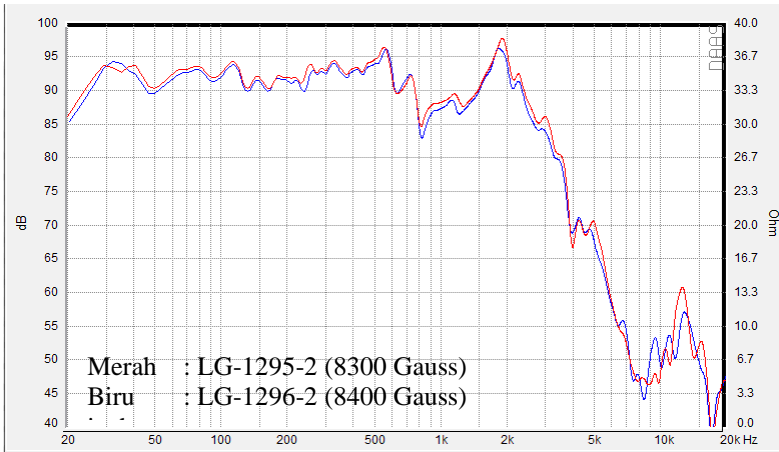
Gambar L4. 4 Grafik impedansi beda magnet permanen pada *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1095-2 dengan Legacy 10 inci LG-1096-2 rangkaian terminal seri



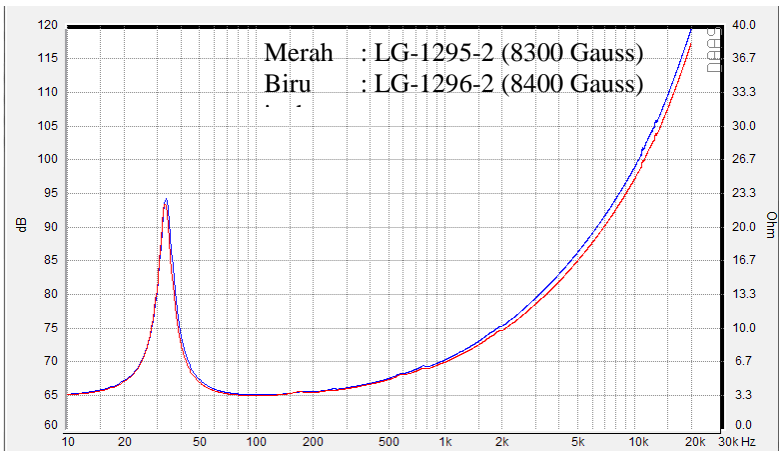
Gambar L4. 5 Grafik frekuensi respon beda magnet permanen pada *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1095-2 dengan Legacy 10 inci LG-1096-2 rangkaian terminal paralel



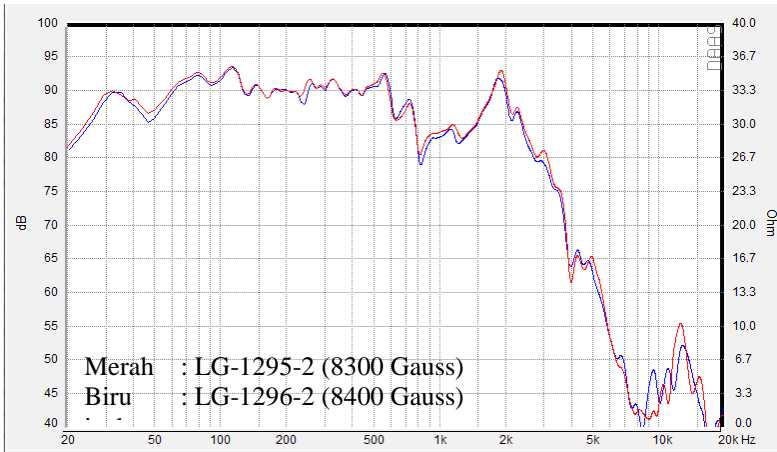
Gambar L4. 6 Grafik impedansi beda magnet permanen pada *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1095-2 dengan Legacy 10 inci LG-1096-2 rangkaian terminal paralel



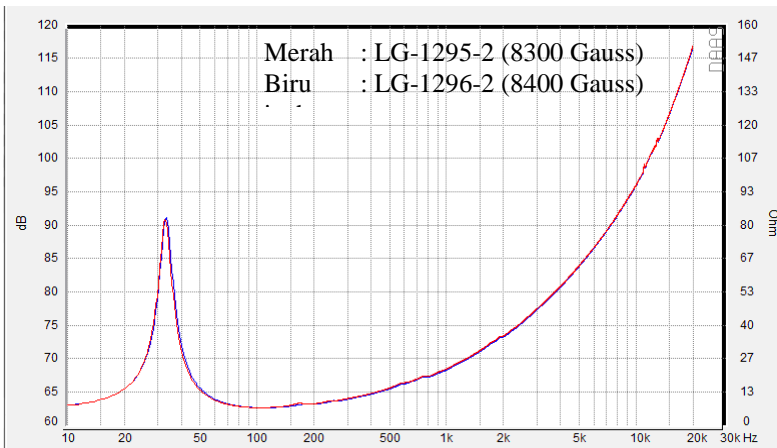
Gambar L4. 7 Grafik frekuensi respon beda magnet permanen pada *loudspeaker* Legacy 12 inci LG-1295-2 dengan Legacy 12 inci LG-1296-2 rangkaian terminal single



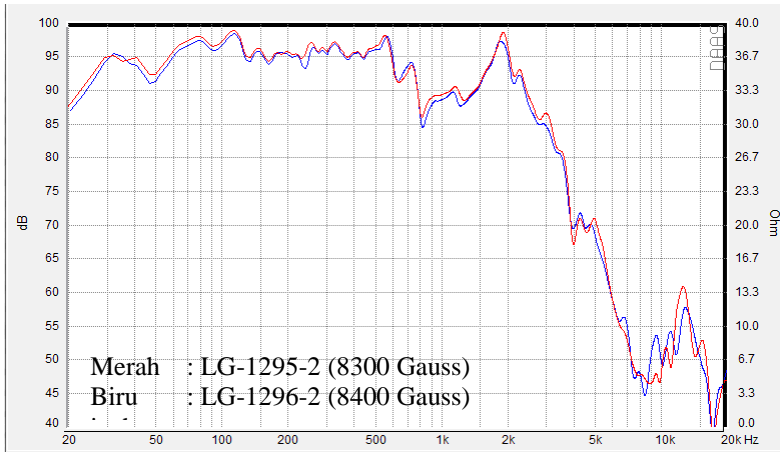
Gambar L4. 8 Grafik impedansi beda magnet permanen pada *loudspeaker* Legacy 12 inci LG-1295-2 dengan Legacy 12 inci LG-1296-2 rangkaian terminal single



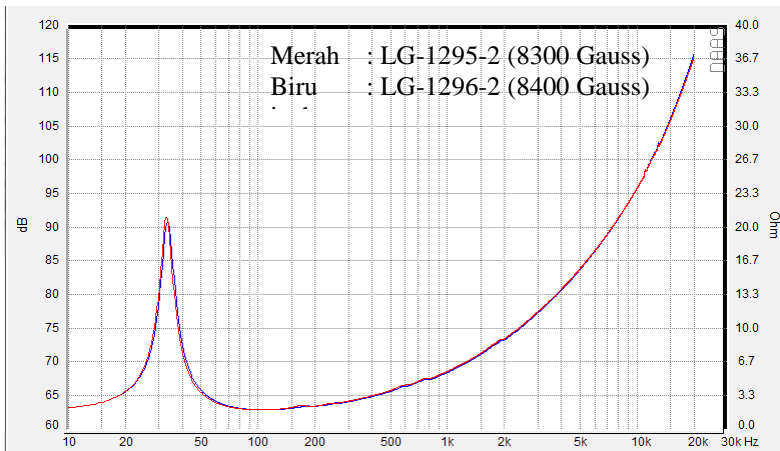
Gambar L4. 9 Grafik frekuensi respon beda magnet permanen pada *loudspeaker* Legacy 12 inci LG-1295-2 dengan Legacy 12 inci LG-1296-2 rangkaian terminal seri



Gambar L4. 10 Grafik impedansi beda magnet permanen pada *loudspeaker* Legacy 12 inci LG-1295-2 dengan Legacy 12 inci LG-1296-2 rangkaian terminal seri



Gambar L4. 11 Grafik frekuensi respon beda magnet permanen pada *loudspeaker* Legacy 12 inci LG-1295-2 dengan Legacy 12 inci LG-1296-2 rangkaian terminal paralel



Gambar L4. 12 Grafik impedansi beda magnet permanen pada *loudspeaker* Legacy 12 inci LG-1295-2 dengan Legacy 12 inci LG-1296-2 rangkaian terminal paralel

LAMPIRAN 5
DATA PENGUKURAN THIELE SMALL PARAMETER
Berdasarkan Beda Nilai Hambatan Voice Coil

Tabel L5. 1 Hasil pengukuran *thiele small parameter* beda nilai hambatan *voice coil* pada *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1095-2

No.	Parameter	<i>loudspeaker</i> 10 inci LG-1095-2		
		Single	Seri	Parallel
1	Fms (Hz)	36.2	36.1	36.2
2	Res (Ω)	10.5	20.8	21.2
3	Re (Ω)	3.6	7.2	1.8
4	Qms	6.65	6.7	6.54
5	Qes	1.37	0.69	0.68
6	Qts	1.13	0.63	0.61
7	Rms (kg/s)	2.2	2.1	2.2
8	Cms (mm/N)	0.31	0.31	0.31
9	Mms (gr)	63.1	63.5	63.1
10	Nret (%)	0.18	0.36	0.37
11	Bl (N/A)	6.2	12.2	6.2
12	SPL(dB)	84.6	87.5	87.7
13	VAS (L)	54.5	54.5	54.5
14	Rp (Ω)	12.8	50.5	12.8
15	Lp (mH)	12.3	49.5	12.4
16	Cp(μ F)	2723	676.9	2682.5
17	Le (mH)	0.49	1.96	0.5
18	Sd (cm ²)	356.3	356.3	356.3

Tabel L5. 2 Hasil pengukuran *thiele small parameter* beda nilai hambatan *voice coil* pada *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1096-2

No.	Parameter	<i>loudspeaker</i> 10 inci LG-1096-2		
		Single	Seri	Parallel
1	Fms (Hz)	35.2	35.2	35.2
2	Res (Ω)	18.8	33	35
3	Re (Ω)	3.6	7.2	1.8
4	Qms	5.55	5.7	5.65
5	Qes	0.83	0.44	0.43
6	Qts	0.72	0.41	0.4
7	Rms (kg/s)	2.8	2.6	2.7
8	Cms (mm/N)	0.29	0.31	0.3
9	Mms (gr)	70.7	66.2	68
10	Nret (%)	0.26	0.52	0.52
11	Bl (N/A)	8.2	15.4	7.9
12	SPL(dB)	86.1	89.2	89.2
13	VAS (L)	51.3	55.1	53.3
14	Rp (Ω)	19.9	73.5	18.7
15	Lp (mH)	20.4	78.1	19.4
16	Cp(uF)	1671.5	449.8	1780.7
17	Le (mH)	0.52	1.99	0.5
18	Sd (cm ²)	356.3	356.3	356.2

Tabel L5. 3 Hasil pengukuran *thiele small parameter* beda nilai hambatan *voice coil* pada *loudspeaker* Legacy 12 inci LG-1295-2

No.	Parameter	<i>loudspeaker</i> 12 inci LG-1295-2		
		Single	Seri	Parallel
1	Fms (Hz)	32.9	32.8	32.4
2	Res (Ω)	18.3	35.5	36.6
3	Re (Ω)	2.9	5.8	1.4
4	Qms	6.18	6.29	6.23
5	Qes	0.94	0.48	0.45
6	Qts	0.81	0.45	0.42
7	Rms (kg/s)	2.8	2.7	2.7
8	Cms (mm/N)	0.28	0.28	0.3
9	Mms (gr)	83.3	83	81.1
10	Nret (%)	0.38	0.74	0.8
11	Bl (N/A)	7.3	14.3	7.2
12	SPL(dB)	87.8	90.7	91
13	VAS (L)	104.6	105.3	110.2
14	Rp (Ω)	15.4	61.3	15.5
15	Lp (mH)	16.3	61.2	15.8
16	Cp(uF)	2416.7	645.8	2609.4
17	Le (mH)	0.47	1.88	0.47
18	Sd (cm ²)	514.7	514.7	514.7

Tabel L5. 4 Hasil pengukuran *thiele small parameter* beda nilai hambatan *voice coil* pada *loudspeaker* Legacy 12 inci LG-1296-2

No.	Parameter	<i>loudspeaker</i> 12 inci LG-1296-2		
		Single	Seri	Parallel
1	Fms (Hz)	33.1	33	33.1
2	Res (Ω)	20.8	37.4	39.4
3	Re (Ω)	2.9	5.8	1.4
4	Qms	5.94	6.22	6.29
5	Qes	0.86	0.47	0.44
6	Qts	0.75	0.44	0.41
7	Rms (kg/s)	3	2.8	2.8
8	Cms (mm/N)	0.27	0.27	0.28
9	Mms (gr)	86.2	84.8	83.9
10	Nret (%)	0.4	0.75	0.81
11	Bl (N/A)	7.8	14.7	7.4
12	SPL(dB)	88	90.7	91.1
13	VAS (L)	99.6	101.7	102.4
14	Rp (Ω)	16.2	62.9	16.2
15	Lp (mH)	16.7	62	15.9
16	Cp(uF)	2346.5	636.9	2457
17	Le (mH)	0.49	1.88	0.47
18	Sd (cm ²)	514.7	514.7	514.7

LAMPIRAN 6
DATA PENGUKURAN *THIELE SMALL PARAMETER*
Berdasarkan Beda Ukuran *Loudspeaker*

Tabel L6. 1 Hasil pengukuran *thiele small parameter* beda ukuran *loudspeaker* pada *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1095-2 dan Legacy 12 inci LG-1295-2

No.	Parameter	<i>loudspeaker</i> 10 inci LG-1095-2 (A) dan 12 inci LG-1295-2 (B)					
		Single (A)	Single (B)	Seri (A)	Seri (B)	Parallel (A)	Parallel (B)
1	Fms (Hz)	36.2	32.9	36.1	32.8	36.2	32.4
2	Res (Ω)	10.5	18.3	20.8	35.5	21.2	36.6
3	Re (Ω)	3.6	2.9	7.2	5.8	1.8	1.4
4	Qms	6.65	6.18	6.7	6.29	6.54	6.23
5	Qes	1.37	0.94	0.69	0.48	0.68	0.45
6	Qts	1.13	0.81	0.63	0.45	0.61	0.42
7	Rms (kg/s)	2.2	2.8	2.1	2.7	2.2	2.7
8	Cms (mm/N)	0.31	0.28	0.31	0.28	0.31	0.3
9	Mms (gr)	63.1	83.3	63.5	83	63.1	81.1
10	Nret (%)	0.18	0.38	0.36	0.74	0.37	0.8
11	Bl (N/A)	6.2	7.3	12.2	14.3	6.2	7.2

12	SPL(dB)	84.6	87.8	87.5	90.7	87.7	91
13	VAS (L)	54.5	104.6	54.5	105.3	54.5	110.2
14	Rp (Ω)	12.8	15.4	50.5	61.3	12.8	15.5
15	Lp (mH)	12.3	16.3	49.5	61.2	12.4	15.8
16	Cp(μ F)	2723	2416.7	676.9	645.8	2682.5	2609.4
17	Le (mH)	0.49	0.47	1.96	1.88	0.5	0.47
18	Sd (cm ²)	356.3	514.7	356.3	514.7	356.3	514.7

Tabel L6. 2 Hasil pengukuran *thiele small parameter* beda ukuran *loudspeaker* pada *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1096-2 dan Legacy 12 inci LG-1296-2

No.	Parameter	<i>loudspeaker</i> 10 inci LG-1096-2 (A) dan 12 inci LG-1296-2 (B)					
		Single (A)	Single (B)	Seri (A)	Seri (B)	Parallel (A)	Parallel (B)
1	Fms (Hz)	35.2	33.1	35.2	33	35.2	33.1
2	Res (Ω)	18.8	20.8	33	37.4	35	39.4
3	Re (Ω)	3.6	2.9	7.2	5.8	1.8	1.4
4	Qms	5.55	5.94	5.7	6.22	5.65	6.29
5	Qes	0.83	0.86	0.44	0.47	0.43	0.44
6	Qts	0.72	0.75	0.41	0.44	0.4	0.41
7	Rms (kg/s)	2.8	3	2.6	2.8	2.7	2.8
8	Cms (mm/N)	0.29	0.27	0.31	0.27	0.3	0.28
9	Mms (gr)	70.7	86.2	66.2	84.8	68	83.9
10	Nret (%)	0.26	0.4	0.52	0.75	0.52	0.81
11	Bl (N/A)	8.2	7.8	15.4	14.7	7.9	7.4
12	SPL(dB)	86.1	88	89.2	90.7	89.2	91.1
13	VAS (L)	51.3	99.6	55.1	101.7	53.3	102.4
14	Rp (Ω)	19.9	16.2	73.5	62.9	18.7	16.2

15	Lp (mH)	20.4	16.7	78.1	62	19.4	15.9
16	Cp(uF)	1671.5	2346.5	449.8	636.9	1780.7	2457
17	Le (mH)	0.52	0.49	1.99	1.88	0.5	0.47
18	Sd (cm^2)	356.3	514.7	356.3	514.7	356.2	514.7

LAMPIRAN 7
DATA PENGUKURAN *THIELE SMALL PARAMETER*
Berdasarkan Beda Magnet Permanen

Tabel L7. 1 Hasil pengukuran *thiele small parameter* beda magnet permanen pada *loudspeaker* Legacy 10 inci LG-1095-2 dan Legacy 10 inci LG-1096-2

No.	Parameter	<i>loudspeaker</i> 10 inci LG-1095-2 (A) dan 10 inci LG-1096-2 (B)					
		Single (A)	Single (B)	Seri (A)	Seri (B)	Parallel (A)	Parallel (B)
1	Fms (Hz)	36.2	35.2	36.1	35.2	36.2	35.2
2	Res (Ω)	10.5	18.8	20.8	33	21.2	35
3	Re (Ω)	3.6	3.6	7.2	7.2	1.8	1.8
4	Qms	6.65	5.55	6.7	5.7	6.54	5.65
5	Qes	1.37	0.83	0.69	0.44	0.68	0.43
6	Qts	1.13	0.72	0.63	0.41	0.61	0.4
7	Rms (kg/s)	2.2	2.8	2.1	2.6	2.2	2.7
8	Cms (mm/N)	0.31	0.29	0.31	0.31	0.31	0.3
9	Mms (gr)	63.1	70.7	63.5	66.2	63.1	68
10	Nret (%)	0.18	0.26	0.36	0.52	0.37	0.52
11	Bl (N/A)	6.2	8.2	12.2	15.4	6.2	7.9

12	SPL(dB)	84.6	86.1	87.5	89.2	87.7	89.2
13	VAS (L)	54.5	51.3	54.5	55.1	54.5	53.3
14	Rp (Ω)	12.8	19.9	50.5	73.5	12.8	18.7
15	Lp (mH)	12.3	20.4	49.5	78.1	12.4	19.4
16	Cp(uF)	2723	1671.5	676.9	449.8	2682.5	1780.7
17	Le (mH)	0.49	0.52	1.96	1.99	0.5	0.5
18	Sd (cm ²)	356.3	356.3	356.3	356.3	356.3	356.2

Tabel L7. 2 Hasil pengukuran *thiele small parameter* beda magnet permanen pada *loudspeaker* Legacy 12 inci LG-1295-2 dan Legacy 12 inci LG-1296-2

No.	Parameter	<i>loudspeaker</i> 12 inci LG-1295-2 (A) dan 12 inci LG-1296-2 (B)					
		Single (A)	Single (B)	Seri (A)	Seri (B)	Parallel (A)	Parallel (B)
1	Fms (Hz)	32.9	33.1	32.8	33	32.4	33.1
2	Res (Ω)	18.3	20.8	35.5	37.4	36.6	39.4
3	Re (Ω)	2.9	2.9	5.8	5.8	1.4	1.4
4	Qms	6.18	5.94	6.29	6.22	6.23	6.29
5	Qes	0.94	0.86	0.48	0.47	0.45	0.44
6	Qts	0.81	0.75	0.45	0.44	0.42	0.41
7	Rms (kg/s)	2.8	3	2.7	2.8	2.7	2.8
8	Cms (mm/N)	0.28	0.27	0.28	0.27	0.3	0.28
9	Mms (gr)	83.3	86.2	83	84.8	81.1	83.9
10	Nret (%)	0.38	0.4	0.74	0.75	0.8	0.81
11	Bl (N/A)	7.3	7.8	14.3	14.7	7.2	7.4
12	SPL(dB)	87.8	88	90.7	90.7	91	91.1
13	VAS (L)	104.6	99.6	105.3	101.7	110.2	102.4
14	Rp (Ω)	15.4	16.2	61.3	62.9	15.5	16.2

15	Lp (mH)	16.3	16.7	61.2	62	15.8	15.9
16	Cp(uF)	2416.7	2346.5	645.8	636.9	2609.4	2457
17	Le (mH)	0.47	0.49	1.88	1.88	0.47	0.47
18	Sd (cm^2)	514.7	514.7	514.7	514.7	514.7	514.7

BIODATA PENULIS



Muhamad Azwar Annas merupakan nama dari penulis. Anak pertama dari pasangan Masroni, S.Ag dan Nur Janah. Putra kelahiran Tulungagung tanggal 05 April 1994. Memulai pendidikan di RA dan MI AL-HUDA karangsari, Kecamatan Rejotangan. Melanjutkan pendidikan menengah di MTsN Aryojeding Kecamatan Rejotangan. Pendidikan Atas di MAN Rejotangan Kabupaten Tulungagung. Setelah itu melanjutkan di perguruan tinggi pada tahun 2013 di Jurusan Fisika ITS Hingga sekarang dengan NRP 1113100068. Selain aktif di bangku perkuliahan penulis juga aktif di beberapa organisasi mahasiswa seperti Himpunan Mahasiswa Fisika ITS, KOPMA Dr. Angga ITS.dan mengembangkan ilmu fisika di PROTEK-J sebagai organisasi yang mempelajari pertanian berdasarkan ilmu fisika.